

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-219675

(43)Date of publication of application : 19.08.1997

(51)Int.Cl.

H04B 7/12

H04B 7/26

H04B 17/00

(21)Application number : 08-026946

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 14.02.1996

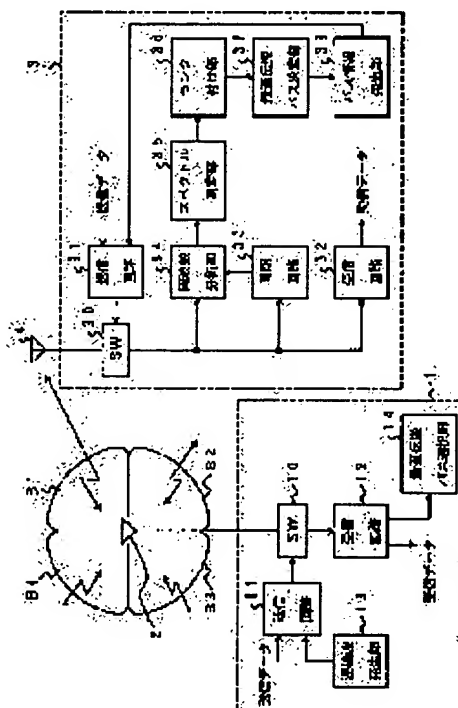
(72)Inventor : SATO KAZUMI  
NAMEKATA MINORU

## (54) PROPAGATION PATH SELECTING METHOD IN RADIO COMMUNICATION SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optimum path selecting method exactly selecting the optimum propagation path between a base station in which a base station antenna is composed of plural directional antennas and a terminal in a short time.

**SOLUTION:** This system performs communication between at least a base station 1 having plural directivity antennas and plural radio terminals 3. At this time, an optimum propagation path is selected by simultaneously transmitting known signal series composed of continuous waves of different frequencies from the base station 1 to the terminals 3 via the plural directivity antennas, performing frequency analyses 34 for the known signal series received by the terminals 3, performing the quality measurements 35 for the plural propagation paths from each frequency spectrum, performing the rankings 36 for the plural propagation paths based on these measurements and determining 37 the optimum propagation path based on these ranking results.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3363014

[Date of registration] 25.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-219675

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>H 0 4 B 7/12  
7/26  
17/00

識別記号

片内整理番号

F I

H 0 4 B 7/12  
17/00  
7/26

技術表示箇所

B  
D

審査請求 未請求 請求項の枚数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願平8-26946

(22) 出願日

平成8年(1996)2月14日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 佐田 一美

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 行方 稔

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

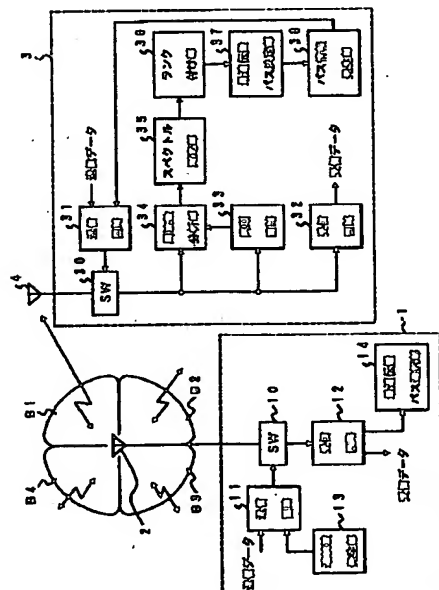
(74) 代理人 弁理士 錦江 武彦

(54) 【発明の名称】 無線通信システムにおける伝搬パス選択方法

(57) 【要約】

【課題】 基地局アンテナが複数の指向性アンテナにより構成される基地局と端末間の最適な伝搬パスを短時間で正確に選択する最適パス選択方法を提供する。

【解決手段】 複数の基地局用指向性アンテナを有する少なくとも基地局1と複数の無線端末3との間で通信を行う無線通信システムにおいて、基地局1から複数の指向性アンテナを介して同時に周波数の異なる連続波からなる既知信号系列を端末に送信し、端末3で受信した既知信号系列を周波数分析して各周波数スペクトルから複数の伝搬パスの品質測定を行い、この測定結果に基づき複数の伝搬パスのランク付けを行い、このランク付けの結果に基づき最適伝搬パスを決定することにより、最適伝搬パスを選択する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の基地局用指向性アンテナを有する少なくとも一つの基地局と少なくとも一つの端末用アンテナを有する複数の無線端末との間で通信を行う無線通信システムにおいて前記複数の基地局用指向性アンテナと前記端末間の複数の伝搬パスの中から最適伝搬パスを選択する方法であって、

前記基地局から前記複数の指向性アンテナを介して同時に周波数の異なる既知信号系列を前記端末に送信し、前記端末で受信した前記既知信号系列を周波数分析して各周波数スペクトルから前記複数の伝搬パスの品質測定を行い、

この測定結果に基づき前記複数の伝搬パスのランク付けを行い、

このランク付けの結果に基づき前記最適伝搬パスを決定することを特徴とする無線通信システムにおける伝搬パス選択方法。

【請求項2】複数の基地局用指向性アンテナを有する少なくとも一つの基地局と複数の端末用指向性アンテナをそれぞれ有する複数の無線端末との間で通信を行う無線通信システムにおいて前記複数の基地局用指向性アンテナと前記複数の端末用指向性アンテナ間の複数の伝搬パスの中から最適伝搬パスを選択する方法であって、前記基地局から前記複数の基地局用指向性アンテナを介して同時に周波数の異なる既知信号系列を前記端末に送信し、

前記端末で前記複数の端末用指向性アンテナを介してそれぞれ受信した前記既知信号系列を周波数分析して各周波数スペクトルから前記複数の伝搬パスの品質測定を行い、

この測定結果に基づき前記複数の伝搬パスについてランク付けを行い、

このランク付けの結果に基づき前記最適伝搬パスを決定することを特徴とする無線通信システムにおける伝搬パス選択方法。

【請求項3】前記複数の既知信号系列は周波数の異なる複数の連続波であり、前記複数の基地局用指向性アンテナから該既知信号系列として送信される複数の連続波の周波数間隔は、前記既知信号系列の送信継続時間の逆数より大きく、かつ前記複数の伝搬パスの伝搬遅延時間差の逆数よりも十分に小さな値に設定されることを特徴とする請求項1または2に記載の無線通信システムにおける最適伝搬パス選択方法。

【請求項4】前記複数の既知信号系列は周波数の異なる複数の連続波であり、前記周波数分析は高速フーリエ変換窓の大きさが前記複数の連続波の周波数間隔の逆数に設定された高速フーリエ変換によって行うことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の無線通信システムにおける最適伝搬パス選択方法。

【請求項5】前記複数の既知信号系列は周波数の異なる

複数の連続波であり、これらの連続波の周波数は前記通信に用いるキャリア周波数と等しいかまたはキャリア周波数に近いことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の無線通信システムにおける最適伝搬パス選択方法。

【請求項6】前記基地局から前記端末への前記既知信号系列の送信と前記複数の伝搬パスの品質測定およびランク付けを全ての伝搬パスに対して複数回ずつ繰り返し行った後に前記最適伝搬パスを決定することを特徴とする請求項1または2に記載の無線通信システムにおける最適伝搬パス選択方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の指向性アンテナを有する基地局と単一のアンテナまたは複数の指向性アンテナをそれぞれ有する複数の端末との間で通信を行う無線通信システムにおける伝搬パス選択方法、すなわち伝搬パスから受ける歪みの影響を最小にとめるために基地局と端末間の多数の伝搬パスの中から最適な伝搬パスを選択する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】角度変調方式を用いたセルラー無線通信システムにおいて高いビットレートで通信を行う場合、マルチパス干渉によって通信品質が大きく劣化するという問題がある。マルチパス干渉とは、送信された信号が反射物体での信号反射により複数の伝搬パスを通して受信機に到達するために生じる干渉である。すなわち、異なる伝搬パスを通った到着時刻に時間的ずれが生じている各受信信号の位相の関係が同相となるか逆相となるかによって、信号が強め合ったり弱め合ったりする現象である。

【0003】従来、マルチパス干渉を低減する方法がいくつか考えられている。一つは、適応自動等化器を用いる方法である。適応自動等化器は、伝送路のインパルス応答を反転させた伝達特性を持つフィルタを構成し、伝搬パスで歪んだ信号波形から元の波形を再生する装置である。このようなフィルタは、例えばタップ付き遅延線と、各タップの出力または入力に与えるタップゲインを調整する重み付け器などにより構成されるトランスバースフィルタによって実現できる。しかし、このようなフィルタは高度なデジタル信号処理技術を必要とし、回路規模が大きくなってしまうため、移動端末、携帯端末などの小型・軽量化および低消費電力が要求される無線端末に搭載することは難しい。

【0004】マルチパス干渉を低減するためのもう一つの方法として、スペクトル拡散技術を用いる方法が考えられている。スペクトル拡散通信方式では、送信機で二段階に分けて変調が行われる。一次変調では通常の狭帯域伝送で用いられる変調信号が作られ、二次変調では疑似ランダム雑音と呼ばれる符号系列が一次変調信号に掛

け合わされ、帯域が広げられる。そして、受信機では二次変調に用いられた疑似ランダム雑音系列と同一の符号系列を掛け合わせるにより、干渉成分を取り除き、二次変調前の信号を取り出す。しかし、この方式は伝送帯域が広がってしまい、周波数の利用効率が低下するという問題がある。

【0005】このような適応自動等化器やスペクトル拡散技術を用いずにマルチパス干渉を低減するために、基地局および端末のアンテナを複数の指向性アンテナで構成し、最も良好な通信品質を与える最適なアンテナの組合せに対応した最適な伝搬パスを選択する機能を持つ無線通信システムが提案されている。このシステムでは、基地局からの送信信号の一部分に既知信号系列を割り当てる。最適なアンテナの組み合わせの選択は、以下の手順で行われる。

【0006】まず、基地局から指向性アンテナのうちの一つのアンテナを用いて既知信号系列を送信し、端末では同期をとった後、端末の複数の指向性アンテナの中の一つのアンテナで受信した既知信号系列の品質を測定することにより、両アンテナの組み合わせによる伝搬パスのランクを登録する。次に、端末の既知信号系列を受信するアンテナは固定したまま、基地局のアンテナを別のアンテナに切替えて同様に伝搬パスのランクを登録する。基地局の全ての指向性アンテナについて、端末の一つのアンテナとの組み合わせに対応した伝搬パスのランクを登録すると、今度は端末のアンテナを切替えて同様の動作を行う。

【0007】こうして基地局と端末の全てのアンテナの組み合わせについて伝搬パスのランクを決定し、最もランクの高い伝搬パスに対応するアンテナの組合せをデータ通信用のアンテナとして選択する。すなわち、端末では最もランクの高い伝搬パスが決定すると、どの指向性アンテナが選ばれたかを基地局に伝え、これに基づいて基地局は選択されたアンテナを使って端末との間でデータの送受信を行う。この方法によると、複数の指向性アンテナを用い、無線送受信部に比較的簡単な回路を付加するだけで、しかも通信時の周波数利用効率を低下させることなく、マルチパスの影響を緩和することができる。

【0008】また、このような無線通信システムにおいて伝搬パスのランクを決定する方法として、全ての伝搬パスについて複数回ずつ品質を測定する方法が提案されている。複数回測定した結果を用いて伝搬パスを選択すると、人の通過などによって一時的に伝搬環境が変動することがあっても、最適な伝搬パスの選択に与える影響が少なくなる。

【0009】しかしながら、この従来の最適伝搬パス選択方法では、基地局および端末にそれぞれ設けられた複数の指向性アンテナを時間的に切替えて、端末および基地局の全てのアンテナの組み合わせについて伝搬パスの

品質を測定するため、測定回数や測定時間は使用する指向性アンテナの数に比例して大きくなる。すなわち、基地局の指向性アンテナの数を  $a$ 、端末の指向性アンテナの数を  $b$  とすれば、伝搬パスは基本的に  $a \times b$  個存在することになるが、従来の方法ではこれと同じ回数だけの測定を行わなければならない。従って、アンテナの数が多くなると全ての伝搬パスの品質を測定するまでに非常に時間が掛かる上に、各測定で時刻が異なるために、伝搬パスの品質が変化してしまい、必ずしも最適な伝搬パスを選択することができなくなる。また、伝搬パス中での人や移動体の通過による伝搬環境の変動に対して最適伝搬パスの選択の信頼性を高めるために、それぞれの伝搬パスについて複数回ずつ品質の測定を行うと、さらに長い時間が必要となってしまう。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、端末および基地局の複数の指向性アンテナを時間的に切替えて全てのアンテナの組み合わせについて伝搬パスの品質を測定し、それに基づいて最適な伝搬パスを選択する方法では、使用する指向性アンテナの数が多くなると全ての伝搬パスの品質を測定するまでに長い時間を要すると共に、測定時刻が異なるために品質が変化してしまうため、必ずしも最適に伝搬パスを選択することができず、また選択する伝搬パスの信頼性を高めるために各伝搬パスについて複数回ずつ品質の測定を行うと、さらに長い時間が必要となってしまうという問題があった。

【0011】本発明は、少なくとも基地局アンテナが複数の指向性アンテナにより構成される基地局と端末間の最適な伝搬パスを短時間で正確に選択できる無線通信システムにおける最適パス選択方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は複数の基地局用指向性アンテナを有する少なくとも一つの基地局と少なくとも一つの端末用アンテナを有する複数の無線端末との間で通信を行う無線通信システムにおいて、複数の基地局用指向性アンテナと端末間の複数の伝搬パスの中から最適伝搬パスを選択する際、(a) 基地局から複数の指向性アンテナを介して同時に周波数の異なる既知信号系列を端末に送信し、(b) 端末で受信した既知信号系列を周波数分析して各周波数スペクトルから複数の伝搬パスの品質測定を行い、(c) この測定結果に基づき複数の伝搬パスのランク付けを行い、(d) このランク付けの結果に基づき最適伝搬パスを決定することを特徴とする。

【0013】この方法によると、基本的には複数の基地局用指向性アンテナから同時に一回だけ周波数の異なる既知信号系列を送信することにより、全ての伝搬パスの品質測定およびそれに基づくランク付けが可能となるため、最適伝搬パスの選択に要する時間は大幅に短縮され

る。

【0014】また、本発明は複数の基地局用指向性アンテナを有する少なくとも一つの基地局と複数の端末用指向性アンテナをそれぞれ有する複数の無線端末との間で通信を行う無線通信システムにおいて、複数の基地局用指向性アンテナと複数の端末用指向性アンテナ間の複数の伝搬パスの中から最適伝搬パスを選択するために、

(a) 基地局から複数の基地局用指向性アンテナを介して同時に周波数の異なる既知信号系列を端末に送信し、

(b) 端末で複数の端末用指向性アンテナを介してそれぞれ受信した既知信号系列を周波数分析して各周波数スペクトルから複数の伝搬パスの品質測定を行い、(c) この測定結果に基づき前記複数の伝搬パスについてランク付けを行い、(d) このランク付けの結果に基づき最適伝搬パスを決定することを特徴とする。

【0015】このように基地局が複数の指向性アンテナを有し、さらに端末が複数の指向性アンテナを有するシステムにおいては、端末用指向性アンテナを一個ずつ切り替えて伝搬パスの測定を行う場合でも、端末用指向性アンテナの数に相当する回数だけ複数の基地局用指向性アンテナからの既知信号系列の同時送信を行うことにより、最適伝搬パスの品質測定およびそれに基づくランク付けが可能となり、最適伝搬パスの選択に要する時間は大幅に短縮される。

【0016】また、各々の端末用指向性アンテナが受信した既知信号系列に対する伝搬パスの品質測定およびそれに基づくランク付けの処理を並行して行えば、複数の基地局用指向性アンテナからの既知信号系列の同時送信は基本的に一回だけでよいことになり、最適伝搬パスの選択に要する時間はさらに短縮される。

【0017】複数の基地局用指向性アンテナから同時に送信される複数の既知信号系列は、周波数の異なる複数の連続波、すなわち高調波成分を余り含まない正弦波状の信号であることが望ましい。そして、複数の連続波の周波数間隔は、既知信号系列の送信継続時間の逆数より大きく、かつ複数の伝搬パスの伝搬遅延時間差の逆数よりも十分に小さな値に設定されることが望ましい。

【0018】このように既知信号系列である複数の連続波の周波数間隔を設定することにより、複数の伝搬パスの距離差によって生じる伝搬遅延時間差の影響や、周波数の違いによって生じる各伝搬パスの歪み量の差の影響を受けることなく伝搬パスの品質を正しく測定することが可能となり、結果的に最適伝搬パスの選択の信頼性が向上する。

【0019】周波数の異なる連続波からなる複数の既知信号系列の周波数分析は、高速の処理が可能な高速フーリエ変換により行うことが好ましい。この場合、高速フーリエ変換における高速フーリエ変換窓の大きさが複数の連続波の周波数間隔の逆数に設定することにより、各々の基地局用指向性から送信される各連続波の高速フー

リエ変換後の直交性が保たれ、伝搬パスの品質測定をより正確に行うことが可能となる。

【0020】複数の既知信号系列である各連続波の周波数は、通信に用いるキャリア周波数と等しいかまたはキャリア周波数に近いことが望ましい。このようにすることにより、データの通信周波数帯における伝搬パスの品質測定が可能となり、これに基づき伝搬パスを決定することによって、実際のデータ通信時における通信品質を効果的に高めることができる。

【0021】複数の伝搬パスの品質測定は、端末で受信した既知信号系列の各周波数スペクトルの電力を測定するか、または各周波数スペクトルの歪みを測定することにより行われる。周波数スペクトルの電力を測定する方法によれば、簡単な回路構成によって伝搬パスの品質を簡易に測定でき、また歪みを測定する方法によれば、伝搬パスの品質をより精度よく測定できる。

【0022】本発明においては、基地局から端末への既知信号系列の送信と複数の伝搬パスの品質測定およびランク付けを全ての伝搬パスに対して複数回ずつ繰り返した後に最適伝搬パスを決定するようにしてもよい。これにより伝搬環境に変動による伝搬パスの品質測定の影響が軽減され、最適伝搬パスの選択の信頼性が向上する。この場合、既知信号系列の送信は伝搬パスの品質測定の回数だけ行えばよく、従来の複数回の測定を行う方法に比較して測定に要する時間を大きく短縮できる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

(第1の実施形態) 図1は、本発明の一実施形態に係る無線通信システムを示す図である。この無線通信システムは、少なくとも一つの無線基地局（以下、基地局という）1と、複数の無線端末（以下、端末という）3で構成されている。基地局1は、複数の狭指向性ビームB1, B2, B3, B4をそれぞれ形成する図2に示す複数の指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4で構成される基地局アンテナ2を有する。以下、指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4を基地局用指向性アンテナという。基地局1は、後述するように各基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4を介して同時に周波数の異なる既知信号系列を送信することが可能に構成されている。

【0024】基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4は、それぞれの狭指向性ビームB1, B2, B3, B4が全体として、基地局1の通信サービスエリア内の360°の全方向をカバーできるように配置されている。なお、ここでは狭指向性ビームの数、つまり基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4の数を4としたが、これらの数は特に4個に限定されないことはいうまでもない。一方、端末3は無指向性の端末アンテナ4を有する。

【0025】基地局1は、送受信の切り替えのためのスイッチ10、送信回路11、受信回路12といった端末3との間の通常の通信（データの送受信）のための構成要素に加えて、最適伝搬パス選択のための構成要素として、既知信号系列である連続波を発生する連続波発生部13および最適伝搬パス選択部14を有する。

【0026】連続波発生部13は、基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4にそれぞれ供給する異なる周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波を発生する回路である。ここで、連続波とは典型的には正弦波であり、主に基本波成分にエネルギーが集中し、高調波成分をあまり含まない交流信号をいう。最適伝搬パス選択部14は、端末3から後述のように送信されるパス情報から最適伝搬パス、すなわち端末3との通信に基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4のうちの通信に使用するアンテナを選択するものである。

【0027】図2(a)は、連続波発生部13の構成例であり、周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ でそれぞれ発振する複数の発振器41、42、43、44によって構成される。

【0028】図2(b)は、連続波発生部13の他の構成例であり、周波数差 $3\Delta f$ 、 $2\Delta f$ 、 $\Delta f$ 、0の信号を発生する周波数シンセサイザ50と、4つの乗算器51、52、53、54と、周波数 $f_0$ の連続波を発振する発振器55および4つのフィルタ56、57、58、59からなる。乗算器51、52、53、54では、周波数差 $3\Delta f$ 、 $2\Delta f$ 、 $\Delta f$ 、0の信号と発振器55からの周波数 $f_0$ の連続波とがそれぞれ掛け合わされ、 $f_0 \pm 3\Delta f$ 、 $f_0 \pm 2\Delta f$ 、 $f_0 \pm \Delta f$ 、 $f_0$ の周波数の連続波がそれぞれ生成される。乗算器51、52、53、54の出力はフィルタ56、57、58、59をそれぞれ通過することにより不要成分が除去された後、基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4にそれぞれ供給される。

【0029】乗算器51、52、53、54の出力には、一般的に $f_0 \pm n\Delta f$  ( $n=0, \dots, 3$ )のほか、周波数シンセサイザ50および発振器55から入力される $\pm n\Delta f$ および $f_0$ の単独の周波数成分も含まれている。フィルタ56、57、58、59は、これらの不要な周波数成分を除去し、 $f_0 \pm n\Delta f$ 、または $f_0 + n\Delta f$ 、あるいは $f_0 - n\Delta f$ の周波数成分のみを周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波として取り出し、基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4にそれぞれ供給する。

【0030】一方、無線端末3は送受信の切り替えのためのスイッチ30、送信回路31、受信回路32といった基地局1との間の通常の通信（データの送受信）のための構成要素に加えて、最適伝搬パス選択のための構成要素として、同期回路33、周波数分析部34、スペクトル測定部35、ランク付け部36、最適伝搬パス決定

部37およびパス情報発生部38を有する。

【0031】同期回路33は、基地局1から送信されてくる既知信号系列である連続波に対して、この連続波の周波数分析のタイミングを同期させる回路である。周波数分析部34は、連続波の周波数スペクトルを分析して周波数スペクトル信号を出力する回路であり、例えば高速フーリエ変換器により構成される。スペクトル測定部35は、周波数スペクトル信号の受信電力などを測定するものである。このスペクトル測定によって、伝搬パスの品質を測定することができる。ランク付け部36は、測定されたスペクトル信号のランク付けを行うものである。最適伝搬パス決定部37は、このランク付け部36のランク付け結果に基づいて最適伝搬パス、すなわち基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4のうち端末3との通信に最適なアンテナに対応する伝搬パスを決定する。パス情報発生部38は、こうして決定された最適伝搬パスを示す情報、言い換えれば基地局アンテナ2を構成する4つの基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4のうちの端末3との通信に最適なアンテナを示す情報を発生して、送信回路31に送出する。

【0032】図3は、周波数分析部34の構成例であり、入力される連続波を離散的な並列信号に変換する直列/並列変換器71と、この並列信号を入力として離散的な周波数スペクトル信号に変換する高速フーリエ変換器72と、この周波数スペクトル信号を直列信号に変換する並列/直列変換器73からなる。なお、周波数分析部34の後段のスペクトル測定部35が並列処理するものであれば、並列/直列変換器73は不要であり、高速フーリエ変換器72からの周波数スペクトル信号をそのまま周波数分析部34の出力とすればよい。

【0033】次に、図4に示すフローチャートを用いて本実施形態における最適伝搬パス選択の概略的な手順を説明する。なお、図4は前述のように端末アンテナ4として単独の無指向性アンテナを用い、かつ最適伝搬パスの決定に過去の伝搬パスの品質の測定結果を用いない場合の例である。

【0034】まず、基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4と端末アンテナ4の間の伝搬パスの品質を測定する測定フィールドの開始時刻になると、全ての基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4から、同時に異なる周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波が送信される（ステップS101）。

【0035】こうして送信された周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波は、それぞれ固有の伝搬パスを通過して端末アンテナ4に到達し、受信される。端末アンテナ4で受信された連続波は、端末3内でスイッチ30を介して同期回路33に入力され、測定フィールドの開始時刻と同期がとられる（ステップS102）。すなわち、同期回路33は同期信号を周波数分析部34に供給し、こ



れを受けた周波数分析部34では、スイッチ30を介して入力される連続波について高速フーリエ変換を行い、時間軸上の信号である連続波の信号を周波数スペクトル信号に変換する(ステップS103)。この周波数スペクトル信号はスペクトル測定部35に入力され、スペクトル測定が行われる(ステップS104)。このスペクトル測定結果はランク付け部36に入力され、ランク付け部36はスペクトル測定結果に基づいて基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4と端末アンテナ4の間の伝搬パスの品質(端末3から見た場合は、受信品質)ランク付けを行い、ランク、つまり各伝搬パスの品質の程度を示すランク情報を最適伝搬パス決定部37へ渡す(ステップS105)。最適伝搬パス決定部37は、入力された各伝搬パスのランク情報について比較を行い、最もランクの高い、すなわち最も品質の高い伝搬パスを最適伝搬パスとして決定する(ステップS106)。そして、パス情報発生部38から最適伝搬パスを示すパス情報が発生され、送受信回路31およびスイッチ30を経て、端末アンテナ4から基地局1に向けて送信される。

【0036】基地局1では、基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4のいずれか、または別途用意された無指向性アンテナを介して端末3からのパス情報を受信し(ステップS108)、このパス情報に基づき最適伝搬パスを選択する(ステップS109)。すなわち、ステップS109では基地局アンテナ2の4つの基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4のうち最適伝搬パスに対応する一つを端末3との通信用のアンテナとして選択する。

【0037】このように本実施形態では、基地局1から複数の基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4を介して周波数の異なる連続波からなる既知信号系列を同時に送信し、端末3側で受信した既知信号系列を周波数分析して各周波数スペクトルを測定することで各伝搬パスの品質を測定し、さらに各伝搬パスのランク付けを行うことで最適伝搬パスを決定し選択することによって、基地局1からの一回の既知信号系列の送信で最適伝搬パスの選択が可能である。

【0038】次に、本実施形態における種々の好ましい条件について述べる。まず、図5および図6を用いて測定フィールドの継続時間と、基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4からそれぞれ送信される連続波の周波数間隔との関係を説明する。図5に示すように、基地局1は送信時間の一部を測定フィールドとして、この測定フィールドの期間に既知信号系列である連続波 $S_r$ を送信する。端末3では、この連続波 $S_r$ を受信して最適伝搬パスの決定を行い、さらに最適伝搬パスを示すパス情報を基地局1に送信する。これに基づき、基地局1で最適伝搬パスの選択が行われる。図5中に示す連続波 $S_r$ は、測定フィールドの継続時間 $\tau$ の間、基

地局1の全ての基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4から同時に送信される周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波の合成を表している。

【0039】一方、図6は横軸に周波数を取り、縦軸に図5の測定フィールドで送信される連続波 $S_r$ の受信電力をとった周波数スペクトルを示す図である。基地局1は、測定フィールド継続時間中に異なる周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波を各基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4から同時に送信する。ここで、図6に示すように隣り合う周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の周波数間隔を全て等しく $\Delta f$ とし、この周波数間隔 $\Delta f$ を測定フィールド継続時間 $\tau$ の逆数より大きくするように、つまり $\Delta f > 1/\tau$ の関係に設定すると、中心周波数が $f_1$ の連続波のスペクトル $S_1$ は周波数 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ 上で0、中心周波数が $f_2$ の連続波のスペクトル $S_2$ は周波数 $f_1$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ 上で0、中心周波数が $f_3$ の連続波のスペクトル $S_3$ は周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_4$ 上で0、中心周波数が $f_4$ の連続波のスペクトル $S_4$ は周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 上で0となるようにすることが可能となる。

【0040】すなわち、周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ 上では、他の基地局用指向性アンテナからの連続波の受信電力スペクトルが全て0になり、周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ 上で他の基地局用指向性アンテナを介して送信される連続波の干渉の影響を全く受けない状態にすることが可能となる。これにより、周波数の異なる複数の連続波の同時送信による伝搬パスの品質測定が可能となる。

【0041】次に、図7は基地局1から送信される周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波が各々の伝搬パスの距離差によって端末3へ到着する時刻に差が生じている場合の端末3の受信信号波形を示している。周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の連続波 $CW_1$ 、 $CW_2$ 、 $CW_3$ 、 $CW_4$ の測定フィールドの継続時間は全て $\tau$ であり、連続波 $CW_1$ 、 $CW_2$ 、 $CW_3$ 、 $CW_4$ を送信した基地局用指向性アンテナ2-1、2-2、2-3、2-4と端末3との距離差によって到着時刻に差が生じている。

【0042】ここで、前述のように $\Delta f > 1/\tau$ に設定すると、つまり $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ の周波数差 $\Delta f$ を測定フィールドの継続時間 $\tau$ の逆数より大きくすると、全ての連続波 $CW_1$ 、 $CW_2$ 、 $CW_3$ 、 $CW_4$ の測定フィールド継続時間の中に周波数分析部34での周波数スペクトル変換の動作時間 $\tau_f$ が含まれるようにすれば、測定フィールドが端末3への連続波 $CW_1$ 、 $CW_2$ 、 $CW_3$ 、 $CW_4$ の到着時間差の影響を受けずに済む。なお、周波数の利用効率を上げるためには、測定フィールドの継続時間 $\tau$ を長めに設定すれば良い。

【0043】図8は、基地局1と端末3間の伝搬遅延と周波数軸上の歪みとの関係を表している。基地局1のあ



一つの基地局用指向性アンテナ 2-i ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) と端末アンテナ 3 との間に複数の伝搬パスが存在する場合、図 8 に示すように伝搬パスの距離差による端末 3 への連続波の到着時刻差 (伝搬遅延時間差) を  $\tau_m$  とすると、周波数軸  $f$  上に周期  $1/\tau_m$  でスペクトルの大きさと位相が変動する周波数選択性フェージング  $F$  が生じる。

【0044】このような周波数選択性フェージング  $F$  の存在下では、通信に用いる周波数によって歪みの量が異なる。この結果、周波数  $f_1, f_2, f_3, f_4$  の連続波の端末 3 での受信電力スペクトル  $P_1, P_2, P_3, P_4$  の大きさを比較すると、周波数によってスペクトルの減衰量が異なることが分かる。

【0045】図 8 では、例えば周波数  $f_1$  と  $f_4$  のように基地局 1 から送信される連続波の周波数が離れている場合、スペクトルの減衰量が大きく異なり、基地局 1 の基地局用指向性アンテナ 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 のどれを使用するかで決まる伝搬パスの品質は、基地局 1 から送信される連続波の周波数によって大きく異なってしまふことが分かる。

【0046】そこで、本実施形態では測定フィールドにおいて送信される各連続波の周波数  $f_1, f_2, f_3, f_4$  の周波数間隔  $\Delta f$  を各伝搬パスの伝搬遅延時間差の逆数  $1/\tau_m$  よりも十分に小さな値に設定する。このように  $\Delta f < 1/\tau_m$  にすると、 $f_1, f_2, f_3, f_4$  のうちのどの周波数の連続波を送信した場合でも、伝搬パスで受ける歪みはほぼ等しくなる。

【0047】従って、この周波数間隔  $\Delta f$  を基地局アンテナ 2 と端末アンテナ 4 との間に存在する全てのマルチパスの伝搬遅延時間差よりも十分に小さな値に設定すれば、このような伝搬遅延時間差の影響を受けることなく伝搬パスの品質を正しく測定することができ、伝搬パスの品質の比較を的確に行うことが可能となる。この結果、最も品質の高い最適伝搬パスを確実に決定することができる。

【0048】次に、スペクトル測定部 35 について説明する。図 9 は、端末 3 で受信される基地局 1 からの周波数  $f_1, f_2, f_3, f_4$  の連続波の受信電力スペクトル  $P_1, P_2, P_3, P_4$  を表している。スペクトル測定部 35 は、これらの受信電力スペクトル  $P_1, P_2, P_3, P_4$  の大きさ、すなわち電力  $E_1, E_2, E_3, E_4$  を測定することによって各伝搬パスの品質を測定し、その測定結果をランク付け部 36 に与える。

【0049】図 10 は、端末 3 で受信される基地局 1 からの周波数  $f_1, f_2, f_3, f_4$  の連続波の受信電力スペクトル  $P_1, P_2, P_3, P_4$  を周波数軸  $f$  と実軸  $I$  および虚軸  $Q$  で表される座標軸上で表現したものである。この場合、スペクトル測定部 35 では受信電力スペクトル  $P_1, P_2, P_3, P_4$  のスペクトルの大きさ  $E_1, E_2, E_3, E_4$  と、基地局 1 の送信時の連続波の

位相に対する位相ずれ  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$  からスペクトルの歪みを測定することによって、各伝搬パスの品質を測定し、その測定結果をランク付け部 35 に与えていもよい。

【0050】このようにスペクトル測定部 35 は、スペクトルの大きさ (電力) のみを測定してもよいし、スペクトルの大きさに加えて送信信号の位相に対するスペクトルの位相ずれを測定することでスペクトルの歪みを測定してもよい。前者によるとスペクトル測定部 35 に簡単な回路を用いて伝搬パスの品質を簡易に測定することができ、また後者によれば伝搬パスの品質をより精度よく測定できる。

【0051】次に、データの通信に用いるキャリア周波数と、最適伝搬パス選択のための既知信号系列である連続波の周波数の関係について説明する。図 11 は、キャリア周波数と連続波の周波数  $f_1, f_2, f_3, f_4$  の関係を示したものである。データ信号の電力スペクトル  $P_d$  は、キャリア周波数  $f_c$  を中心に周波数軸  $f$  上に広がっている。周波数  $f_1, f_2, f_3, f_4$  の連続波の電力スペクトルは、 $P_1, P_2, P_3, P_4$  で表すことができる。マルチパスによるスペクトルの歪み、すなわち周波数選択性フェージング  $F$  が存在する場合、電力スペクトルの歪みの大きさは周波数によって異なる。また、データの通信に用いるキャリア周波数とそれ以外の周波数とは、マルチパスによる周波数選択性フェージング  $F$  の大きさが異なる場合がある。

【0052】従って、データ通信時の最適伝搬パスを決定するためには、最適伝搬パスの選択に用いる連続波の周波数  $f_1, f_2, f_3, f_4$  をキャリア周波数  $f_c$  と等しいか、あるいは  $f_c$  に近い周波数に設定することが望ましい。このようにすることで、実際の通信周波数帯での伝搬パスの品質測定が可能となり、これに基づいて最適伝搬パスを決定することによって高い通信品質を得ることができる。

【0053】次に、測定フィールドと図 3 における高速フーリエ変換器 72 における高速フーリエ変換窓 (FFT 窓) との関係について説明する。図 12 は、この測定フィールド 11 と高速フーリエ変換窓 112 との関係を示す図である。先に説明したように、既知信号系列である連続波の周波数間隔  $\Delta f$  は、測定フィールド 111 の継続時間  $\tau$  の逆数より大きくなるように設定されている。従って、高速フーリエ変換窓 112 の大きさを周波数間隔  $\Delta f$  の逆数  $1/\Delta f$  に等しくなるように設定すると、高速フーリエ変換窓 112 の大きさは測定フィールド継続時間  $\tau$  以下となる。従って、高速フーリエ変換の開始時刻を適当に調節すれば、基地局用指向性アンテナ 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 から送信された連続波の端末 3 への到着時刻差 (伝搬遅延時間差) の影響を取り除くことが可能となる。

【0054】また、高速フーリエ変換窓 112 の大きさ

10

20

30

40

50

が $1/\Delta f$ であれば、端末3が受信した連続波の高速フーリエ変換後の各周波数スペクトルの直交性が保たれる。高速フーリエ変換後のスペクトル $S_1, S_2, S_3, S_4$ は、周波数 $f_1, f_2, f_3, f_4$ 上では直交性が保たれ、周波数 $f_1, f_2, f_3, f_4$ の各連続波が互いに干渉することはない。従って、ここで説明したように高速フーリエ変換窓112の大きさを周波数間隔 $\Delta f$ の逆数に等しくなるように設定すれば、連続波の干渉がないため、伝搬パスの品質をより正しく測定することができる。

【0055】なお、基地局1および端末3の構成は図1に限定されるものではなく、例えば端末3の内部に設けられた最適伝搬パス決定までの処理のための要素、例えばスペクトル測定部35、ランク付け部36、最適伝搬パス決定部37およびパス情報発生部38の機能を基地局1内に持たせてもよい。すなわち、最適伝搬パス決定に至るまでの途中の処理結果を基地局1に送信し、最終的な伝搬パス決定を基地局1の内部で行ってもよい。このようにすると端末3の負担が軽減され、端末3の小型・軽量化、低価格化および低消費電力化を図ることができる。また、この点は以降述べる実施形態についても同様である。

【0056】(第2の実施形態)図13は、本実施形態における端末3の内部構成を示すブロック図である。図1中に示した端末3の構成要素と相对应する部分に同一の参照符号を付して相違点を中心に説明すると、本実施形態では記憶部39が新たに追加されている。この記憶部39は、ランク付け部36から出力される各伝搬パスの品質を表すランク情報を記憶するものである。

【0057】ランク付け部36には、スペクトル測定部35からのスペクトル測定結果と共に、記憶部39に記憶されている過去のランク情報も入力される。そして、ランク付け部36では新たなスペクトル測定結果と過去の伝搬パスのランク情報を基にして伝搬パスのランクを更新する。更新された伝搬パスのランク情報は、再び記憶部39に記憶される。こうして更新された伝搬パスのランク情報は最適伝搬パス決定部37に入力され、最適伝搬パス決定部37では更新後のランクが最も高い伝搬パスが最適伝搬パスとして決定される。

【0058】以後の処理は第1の実施形態と同様であり、パス情報発生部38から最適伝搬パス決定部37で決定された最適伝搬パスを示すパス情報が発生され、送受信回路31およびスイッチ30を経て端末アンテナ4から基地局1に向けて送信される。

【0059】このように本実施形態によると、端末3においてスペクトル測定を複数回繰り返して、伝搬パスのランクを逐次更新することができるため、伝搬パスの品質をより正確に測定することが可能となり、これによって最適伝搬パスをより高い信頼性で決定することができる。

【0060】(第3の実施形態)図14は、本実施形態における端末アンテナと端末3の内部構成を示す図である。図1中に示した端末3の構成要素と相对应する部分に同一の参照符号を付して相違点を中心に説明すると、本実施形態では端末アンテナが複数の指向性アンテナ(以下、端末用指向性アンテナという)4-1, 4-2, 4-3, 4-4によって構成されている。また、端末3の内部に設けられたスイッチ30aは、送受信の切り替えとデータ通信時および伝搬パスの品質測定時の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4の切り替えも行う。さらに、本実施形態においても第2の実施形態と同様に、ランク付け部36からのランク情報を記憶する記憶部39が設けられている。

【0061】本実施形態の動作は、次の通りである。端末3においては、端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4のうちのいずれか一つで測定フィールドが受信され、測定フィールドの既知信号系列である連続波がスイッチ30aを介して同期回路33に入力されて同期回路33で測定フィールドの同期が取られると、スイッチ30aが端末用指向性アンテナ4-1で受信された連続波を周波数分析部34に入力するように切り替えられる。

【0062】周波数分析部34では、入力される連続波について高速フーリエ変換を行い、時間軸上の信号を周波数スペクトル信号に変換する。この周波数スペクトル信号はスペクトル測定部35に入力され、スペクトル測定が行われる。このスペクトル測定結果はランク付け部36に入力され、ランク付け部36はスペクトル測定結果に基づいて基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4と端末用指向性アンテナ4-1との間の伝搬パスの品質のランク付けを行い、各伝搬パスのランクを示すランク情報を出力する。このランク情報は、記憶部39に記憶される。

【0063】次に、スイッチ30aが切り替えられ、他の端末用指向性アンテナ4-2, 4-3, 4-4で受信された連続波についても同様に周波数分析部34による周波数スペクトル信号への変換、スペクトル測定部35によるスペクトル測定、ランク付け部36でのランク付けが順次行われ、ランク情報が記憶部39に記憶される。

【0064】こうして全ての端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4を用いた場合についてランク情報の記憶が完了すると、最適伝搬パス決定部37において記憶部39に記憶されたランク情報のうち最も高いランクを与える伝搬パスが最適伝搬パスとして決定され、その最適伝搬パスを示すパス情報がパス情報発生部38で発生されて、送受信回路31およびスイッチ30を経て端末アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4のいずれか一つ、または複数のアンテナから基地局1に向けて送信される。

【0065】このように本実施形態によれば、端末アンテナが無指向性アンテナでなく複数の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4で構成されている場合において、最適伝搬パスを決定し選択することができる。

【0066】また、本実施形態においてもこれまでの実施例と同様に、複数の基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4から同時に異なる周波数の連続波を送信することによって、端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4を一個ずつ切り替えて伝搬パスの測定を行う場合でも、端末用指向性アンテナの数に相当する回数（この例では4回）だけ基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4からの連続波の同時送信を行うことで全ての伝搬パスの品質測定およびそれに基づくランク付けが可能となり、最適伝搬パスの選択に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0067】（第4の実施形態）図15は、本実施形態における端末アンテナと端末3の内部構成を示す図である。図1中に示した端末3の構成要素と相対応する部分に同一の参照符号を付して相違点を中心に説明すると、本実施形態では図14に示した実施形態と同様に端末アンテナが複数の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4によって構成されている。また、端末3の内部に設けられたスイッチ30aは、送受信の切り替えを行うと共に、データ通信時の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4の切り替えも行う。

【0068】そして、本実施形態では端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4にそれぞれ対応して個別に周波数分析部34-1, 34-2, 34-3, 34-4およびスペクトル測定部35-1, 35-2, 35-3, 35-4が設けられている。

【0069】本実施形態の動作は、次の通りである。端末3においては、端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4によって測定フィールドの既知信号系列である連続波が受信され、同期回路33に入力されて同期回路33で測定フィールドの同期が取られると、端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4で受信された連続波が周波数分析部34-1, 34-2, 34-3, 34-4にそれぞれ入力される。周波数分析部34-1, 34-2, 34-3, 34-4では、それぞれ入力される連続波について高速フーリエ変換を行い、時間軸上の信号を周波数スペクトル信号に変換する。これらの周波数スペクトル信号はスペクトル測定部35-1, 35-2, 35-3, 35-4にそれぞれ入力され、スペクトル測定が行われる。これらのスペクトル測定結果はランク付け部36aに入力される。

【0070】ランク付け部36aでは、基地局1の基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4と端末3の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4の組み合わせに対応する全ての伝搬パス（この

例では、 $4 \times 4 = 16$ 個の伝搬パス）の品質のランク付けが行われ、ランク情報が出力される。このランク付け部36aから出力されるランク情報は最適伝搬パス決定部37に入力され、ランクが最も高い伝搬パスが最適伝搬パスとして決定される。

【0071】以後の処理は、第1～第3の実施形態と同様であり、パス情報発生部38から最適伝搬パス決定部37で決定された最適伝搬パスを示すパス情報が発生され、送受信回路31およびスイッチ30aを経て端末3の端末用指向性アンテナアンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4のいずれか一つ、または複数のアンテナから基地局1に向けて送信される。

【0072】このように本実施形態によると、端末アンテナが複数の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4で構成されている場合において、全ての端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4について同時に伝搬パスの品質測定、ランク付けを行うことができ、最適なパスを決定し選択するために必要な動作時間が大幅に短縮される。

【0073】（第5の実施形態）次に、図16に示すフローチャートを参照して、第3および第4の実施形態に示したように端末アンテナが複数の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4（4-m,  $m=1, 2, 3, 4$ ）により構成され、基地局1の複数の基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4と端末3の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4との間の各伝搬パスの品質をN回ずつ測定することによって、最適伝搬パスを決定し選択する場合の最適選択パス選択の手順について説明する。

【0074】まず、端末3では伝搬パスの測定回数をカウントするカウンタの値（測定回数カウンタ値） $n$ を1にセットする（ステップS201）。次に、測定フィールド期間の既知信号系列が端末用指向性アンテナ4-1を介して受信され、測定が行われるように、 $m=1$ にセットする（ステップS202）。

【0075】測定フィールド開始時刻になると、基地局1の全ての基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4から、既知信号系列である周波数 $f_1, f_2, f_3, f_4$ の連続波が同時に送信される（ステップS203）。

【0076】こうして送信された周波数 $f_1, f_2, f_3, f_4$ の連続波は、それぞれ固有の伝搬パスを通して端末3の端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4に到達し、受信される。受信された連続波は測定フィールドの開始時刻と同期がとられる（ステップS204）。測定フィールド終了後、端末3では周波数分析部において入力される連続波について高速フーリエ変換が行われて時間軸上の信号が周波数スペクトル信号に変換され（ステップS205）、さらにこの周波数スペクトル信号のスペクトル測定、すなわち基地局用指向

性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4と端末用指向性アンテナ4-1との間の伝搬パスの品質測定が行われる(ステップS206)。

【0077】次に、ステップS206で得られたスペクトル測定結果に基づいて、基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4と端末用指向性アンテナ4-1との間の伝搬パスの品質(端末3から見た場合は、受信品質)と、過去のn-1回の伝搬パスの品質の測定結果を基にして、伝搬パスのランク付けが行われ(ステップS07)、各伝搬パスのランクを示すランク情報が記憶される(ステップS208)。

【0078】以後、ステップS208の処理が終了する毎にmが1インクリメントされ(ステップS210)、端末3の他の端末用指向性アンテナ4-2, 4-3, 4-4についてもステップS203~S208の手順が繰り返される。そして、ステップS209でm=4になると、つまり基地局1の各基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4と端末3の全ての基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4との間の伝搬パスの品質の1回目の測定結果のランク付けが終了すると、ステップS211に進む。

【0079】以後、測定回数カウンタ値nが1インクリメントされ(ステップS212)、その度にステップS202~S209の手順が繰り返される。そして、ステップS211でn=Nになると、すなわち基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4と端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4との間の各伝搬パスの品質測定とランク付けがN回終了すると、ステップS208で記憶されたN回分のランク付け結果であるランク情報から、最もランクの高い、すなわち最も品質の高い伝搬パスが最適伝搬パスとして決定される(ステップS213)。そして、この最適伝搬パスを示すパス情報が発生され、端末用指向性アンテナ4-1, 4-2, 4-3, 4-4のいずれか一つ、または複数のアンテナから基地局1に向けて送信される。

【0080】基地局1では、基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4のいずれか、または別途用意された無指向性アンテナを介して端末3からのパス情報を受信し(ステップS215)、このパス情報に基づき最適伝搬パスを選択する(ステップS216)。すなわち、ステップS216では4つの基地局用指向性アンテナ2-1, 2-2, 2-3, 2-4のうち最適伝搬パスに対応する一つが端末3とのデータ通信用のアンテナとして選択される。

【0081】このように本実施形態では、基地局から端末への既知信号系列の送信と複数の伝搬パスの品質測定およびランク付けを全ての伝搬パスに対して複数回ずつ繰り返し行った後に最適伝搬パスを決定することにより、伝搬環境に変動による伝搬パスの品質測定の影響が軽減され、最適伝搬パスの選択の信頼性が向上する。こ

の場合、既知信号系列の送信は伝搬パスの品質測定の回数だけ行えばよく、従来の複数回の測定を行う方法に比較して測定に要する時間を大きく短縮できるという利点がある。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば複数の基地局用指向性アンテナを有する基地局と複数の無線端末との間、あるいは複数の基地局用指向性アンテナを有する基地局と複数の端末用指向性アンテナをそれぞれ有する複数の無線端末との間で通信を行う無線通信システムにおいて、複数の基地局用指向性アンテナを介して同時に周波数の異なる既知信号系列を端末に送信し、端末で受信した既知信号系列を周波数分析して各周波数スペクトルから基地局と端末間の各伝搬パスの品質測定を行って各伝搬パスのランク付けを行い、このランク付けの結果に基づき最適伝搬パスを決定することにより、最適伝搬パスを短時間でかつ正確に選択することができる。

【0083】また、端末が複数の指向性アンテナを有する場合、各端末用指向性アンテナが受信した既知信号系列に対する伝搬パスの品質測定およびそれに基づくランク付けの処理を並行して行うことにより、複数の基地局用指向性アンテナからの既知信号系列の同時送信は基本的に一回だけでよいことになり、多数の伝搬パスから最適伝搬パスを選択するのに要する時間をより効率的に短縮できる。

【0084】また、複数の基地局用指向性アンテナから同時に送信される複数の既知信号系列を周波数の異なる複数の連続波とし、それらの周波数間隔を既知信号系列の送信継続時間の逆数より大きく、かつ複数の伝搬パスの伝搬遅延時間差の逆数よりも十分に小さな値に設定することにより、搬パスの距離差によって生じる伝搬遅延時間差の影響や、周波数の違いによって生じる各伝搬パスの歪み量の差の影響を受けることなく伝搬パスの品質測定を正確に行うことが可能となり、最適伝搬パスの選択の信頼性がより向上する。

【0085】また、周波数の異なる連続波からなる複数の既知信号系列の周波数分析を高速の処理が可能な高速フーリエ変換により行い、その際、高速フーリエ変換窓の大きさを各連続波の周波数間隔の逆数に設定することにより、各々の基地局用指向性から送信される各連続波の高速フーリエ変換後の直交性を保持して伝搬パスの品質測定をより正確に行うことが可能となる。

【0086】また、複数の既知信号系列である各連続波の周波数を通信に用いるキャリア周波数と等しいかまたはキャリア周波数に近い周波数に選ぶことにより、データの通信周波数帯における伝搬パスの品質測定が可能となり、これに基づき伝搬パスを決定することによって、実際のデータ通信時における通信品質を効果的に高めることができる。

【0087】さらに、基地局から端末への既知信号系列の送信と複数の伝搬パスの品質測定およびランク付けを全ての伝搬パスに対して複数回ずつ繰り返し行った後に最適伝搬パスを決定するようにすれば、人間の移動などに起因する伝搬環境に変動による伝搬パスの品質測定の影響が軽減され、最適伝搬パスの選択の信頼性が向上すると共に、既知信号系列の送信は伝搬パスの品質測定の回数だけ行えばよく、従来の複数回の測定を行う方法に比較して測定に要する時間を大幅に短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る無線通信システムの構成を示すブロック図

【図2】同実施形態における基地局アンテナおよび連続波発生部の構成例を示す図

【図3】同実施形態における周波数分析部の構成例を示すブロック図

【図4】同実施形態における最適伝搬パス選択手順を示すフローチャート

【図5】同実施形態における測定フィールドの既知信号系列である連続波を示す図

【図6】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の周波数スペクトルを示す図

【図7】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の受信信号波形を示す図

【図8】同実施形態における周波数軸上の歪みと既知信号系列である連続波の周波数の関係を示す図

【図9】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の受信電力スペクトルを示す図

【図10】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の受信電力スペクトルを示す図

【図11】同実施形態におけるデータの周波数帯と既知信号系列である連続波の周波数との関係を示す図

【図12】同実施形態における高速フーリエ変換窓と既知信号系列である連続波の周波数間隔との関係を示す図

【図13】本発明の他の実施形態における端末の構成を示すブロック図

【図14】本発明の別の実施形態における端末の構成を

示すブロック図

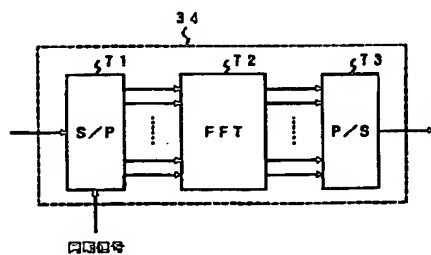
【図15】本発明のさらに別の実施形態における端末の構成を示すブロック図

【図16】同実施形態における最適伝搬パス選択手順を示すフローチャート

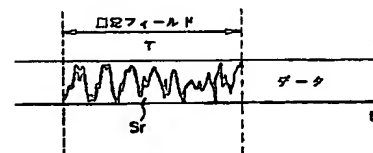
【符号の説明】

- 1…無線基地局
- 2…基地局アンテナ
- 2-1~2-4…基地局用指向性アンテナ
- 3…無線端末
- 4…端末アンテナ
- 4-1~4-4…端末用指向性アンテナ
- 10…スイッチ
- 11…基地局送信回路
- 12…基地局受信回路
- 13…連続波発生部
- 14…最適伝搬パス選択部
- 30, 30a…スイッチ
- 31…端末送信回路
- 32…端末受信回路
- 33…同期回路
- 34, 34-1~34-4…周波数分析部
- 35, 35-1~35-4…スペクトル測定部
- 36, 36a…ランク付け部
- 37…最適伝搬パス決定部
- 38…パス情報発生部
- 39…記憶部
- 41~42…発振器
- 50…周波数シンセサイザ
- 51~54…乗算器
- 55…発振器
- 56~58…フィルタ
- 71…直列/並列変換器
- 72…高速フーリエ変換器
- 73…並列/直列変換器
- 111…測定フィールド
- 112…高速フーリエ変換窓

【図3】



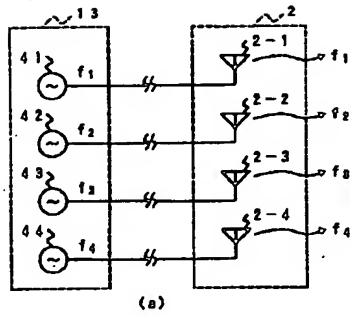
【図5】



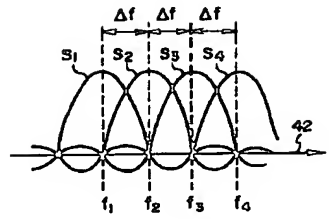




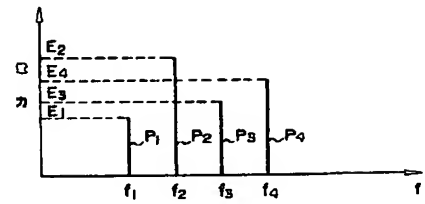
【図2】



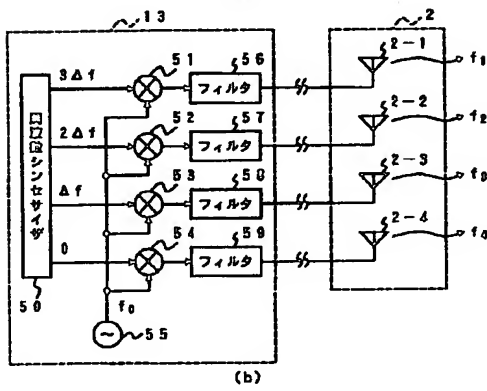
【図6】



【図9】

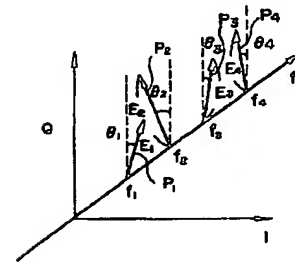
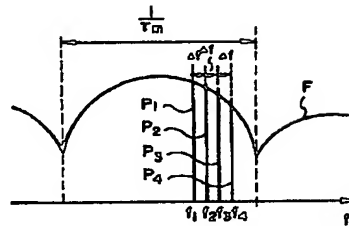
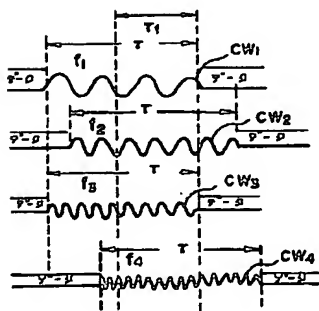


【図10】

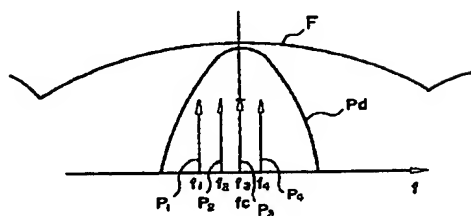


【図7】

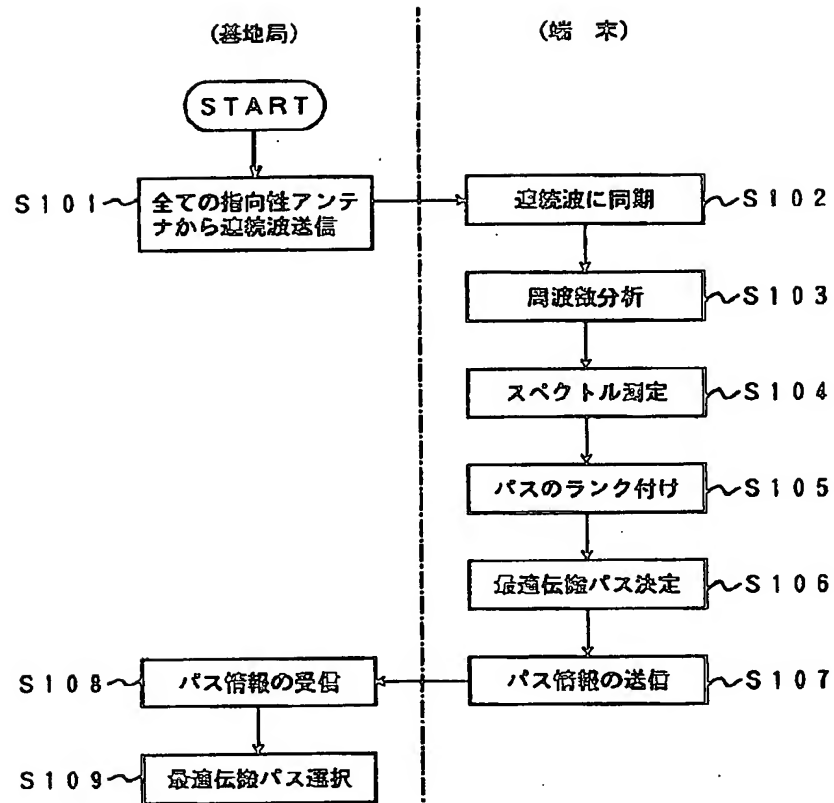
【図8】



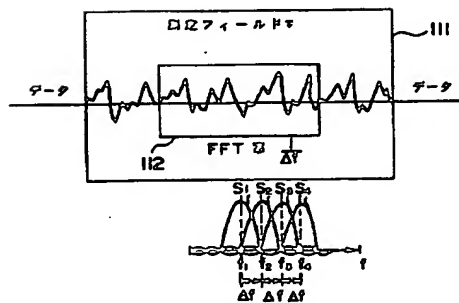
【図11】



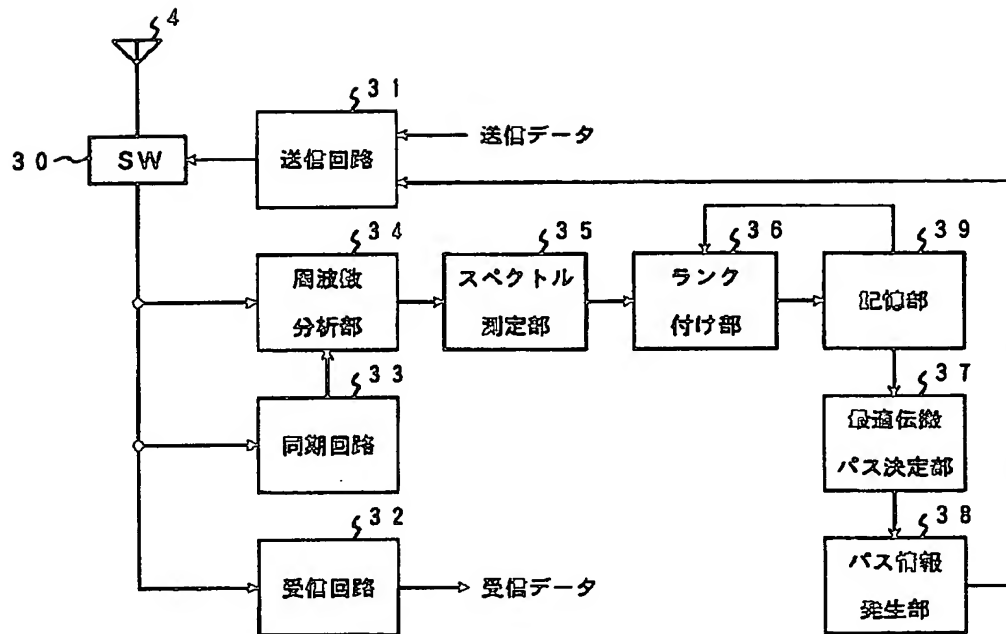
【図4】



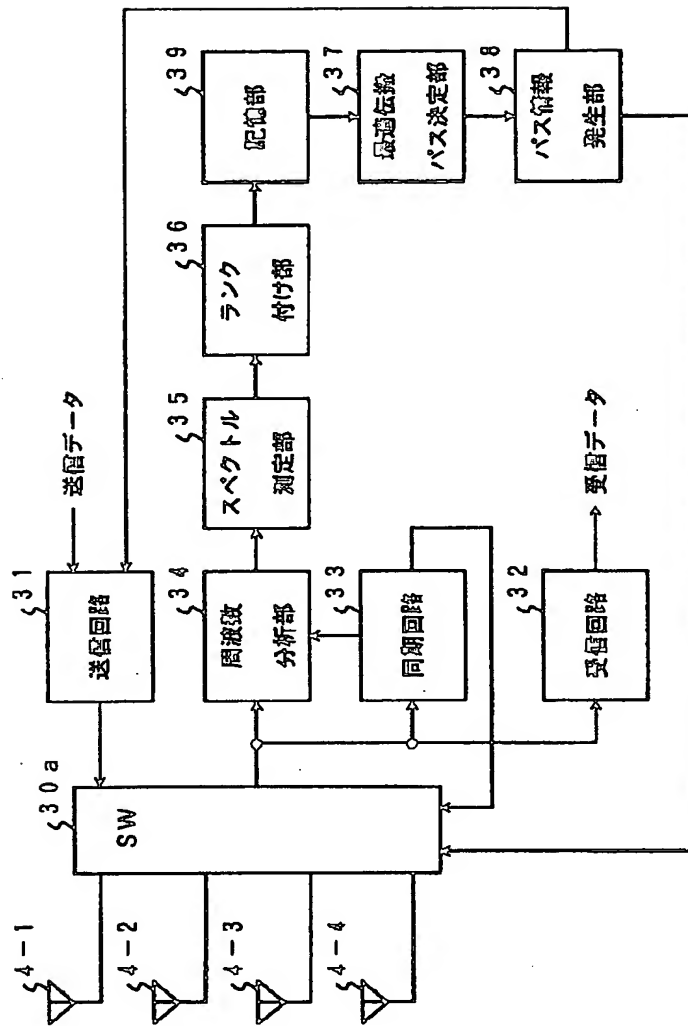
【図12】



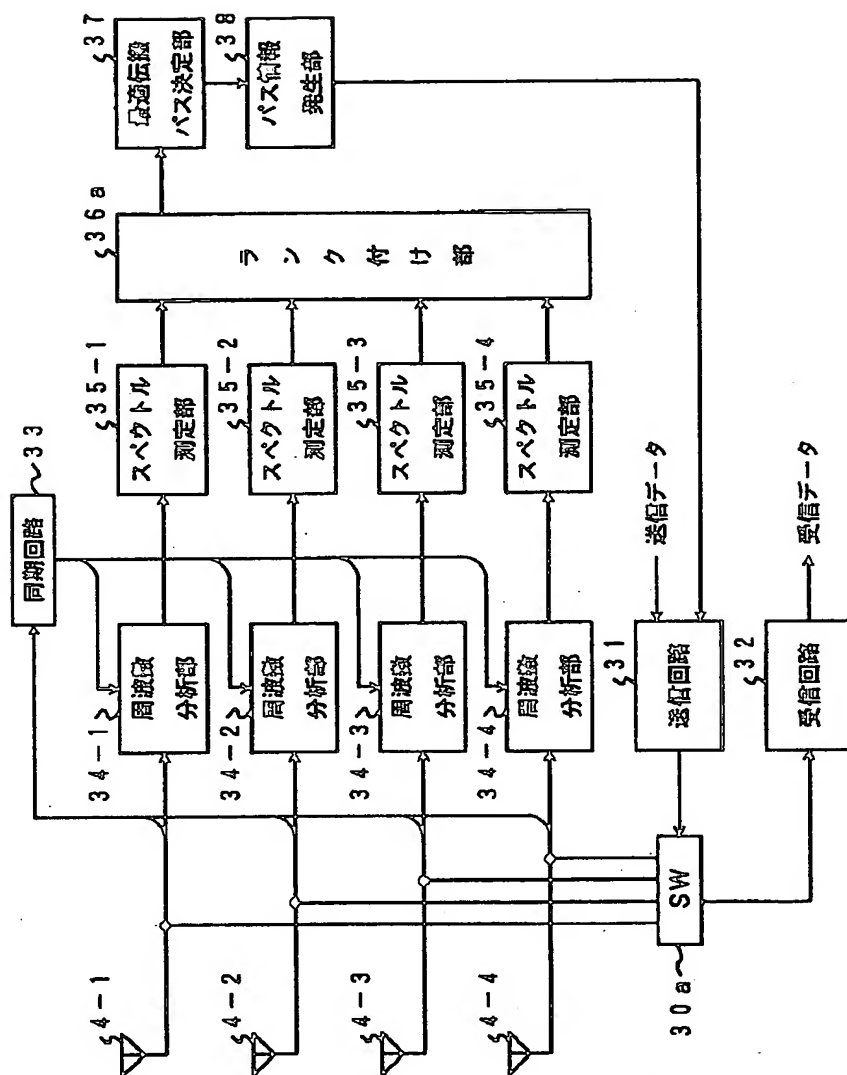
【図13】



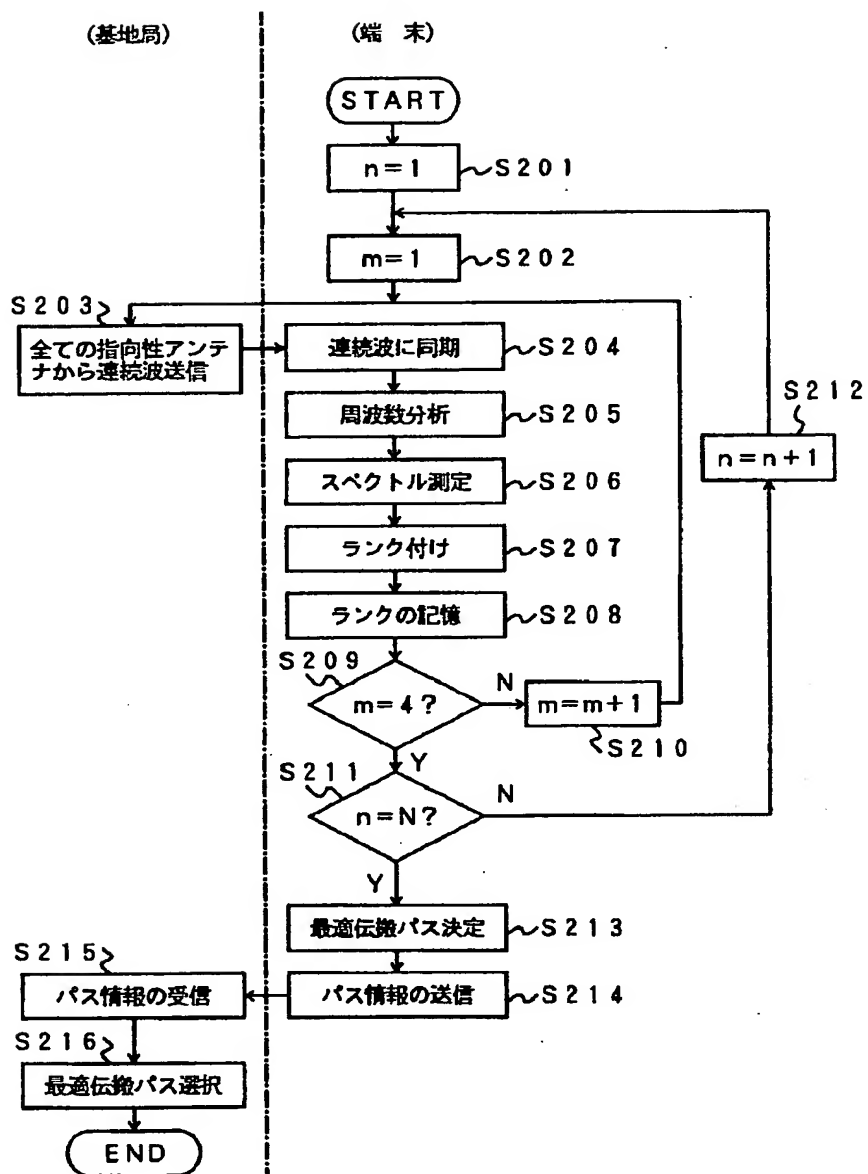
【図14】



【図 15】



【図16】





(11) JP-A-9-219675

(43) Publication Date: August 19, 1997

(21) Application No.: H8-26946

(22) Application Filing Date: February 14, 1996

5 (54) [Title of the Invention] Propagation

Path Selection Method in a Radio

Communication System

(57) [Abstract]

[Subject]. The present invention offers an optimum  
10 path selection method of precisely selecting in a short  
time an optimum propagation path between a terminal and  
a base station which is configured by a plurality of  
directional antennas.

[Means for Solving the Problems] In a radio  
15 communication system for communications at least  
between a base station 1 having a plurality of base  
station directional antennas and a plurality of radio  
terminals 3, the optimum propagation path is selected  
by the following steps. At first, a known signal series  
20 configured by continuous waves having different  
frequencies is transmitted simultaneously to the radio  
terminal from the base station 1 via a plurality of  
directional antennas. Secondly, the known signal series  
received at the radio terminal 3 is frequency-analyzed  
25 and the quality of a plurality of propagation paths is

measured using the respective frequency spectra.  
Thirdly, based on the measurement result, a plurality  
of propagation paths are ranked and the optimum  
propagation path is determined to be selected based on  
5 the ranking.

[What is claimed is:]1. In a radio communication  
system for

communications between at least one base station having  
a plurality of base station directional antennas and  
10 a plurality of radio terminals each having at least one  
terminal directional antenna, a method of selecting an  
optimum propagation path from among a plurality of  
propagation paths between the plurality of base station  
directional antennas and the plurality of terminal  
15 directional antennas comprising:

simultaneously transmitting a known signal series  
each having a different frequency via the plurality of  
base station directional antennas to the radio terminals  
from the base station;

20 frequency-analyzing the known signal series  
received at the radio terminals and measuring quality  
of the plurality of propagation paths using respective  
frequency spectra;

ranking the plurality of propagation paths based  
25 on the measurement result; and

determining the optimum propagation path based on the ranking.

2. In a radio communication system for  
5 communications among at least one base station having  
a plurality of base station directional antennas and  
a plurality of radio terminals each having a plurality  
of terminal directional antennas, a method of selecting  
an optimum propagation path from among a plurality of  
10 propagation paths among the plurality of base station  
directional antennas and the plurality of terminal  
directional antennas comprising:  
simultaneously transmitting a known signal series  
each having a different frequency via the plurality of  
15 base station directional antennas to the terminals from  
the base station;  
frequency-analyzing the known signal series  
received at each of the terminals via the plurality of  
terminal directional antennas and measuring quality of  
20 the plurality of propagation paths using respective  
frequency spectra;  
ranking the plurality of propagation paths based  
on the measurement result; and  
determining the optimum propagation path based on  
25 the ranking.

3       The method of selecting an optimum propagation  
path in a radio communication system according to claim  
1 or 2, wherein the plurality of known signal series  
5       is a plurality of continuous waves each having a  
different frequency, a frequency distance among a  
plurality of continuous waves transmitted from the  
plurality of base station directional antennas as the  
known signal series is set larger than an inverse number  
10       of a transmission duration time of the known signal  
series, and it is also set much smaller than an inverse  
number of a propagation delay time difference among the  
plurality of propagation paths.

15       4       The optimum propagation path selection method in  
a radio communication system according to any one of  
claims 1 to 3, wherein the plurality of known signal  
series is a plurality of continuous waves each having  
a different frequency, and the frequency analysis is  
20       performed by a fast Fourier transformation window a size  
of which is set to an inverse number of a frequency  
distance among the plurality of continuous waves.

5.       The optimum propagation path selection method in  
25       a radio communication system according to any one of

claims 1 to 4, wherein the plurality of known signal series is a plurality of continuous waves each having a different frequency, and frequencies of the plurality of continuous waves are the same as or close to the carrier frequencies used for the communications.

6. The optimum propagation path selection method in a radio communication system according to claim 1 or 2, wherein the optimum propagation path is determined by performing several times processes of transmission of the known signal series from the base station to the terminals, quality measurement and ranking of all the propagation paths.

[Detailed Explanation of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

The present invention relates to a propagation path selection method in a radio communication system used for the communications between a base station having a plurality of directional antennas and a plurality of terminals each having a single antenna or a plurality of directional antennas, that is, a method of selecting an optimum propagation path from among a plurality of propagation paths between a base station and terminals in order to minimize a distortion

influence received from a propagation path.

[0002]

[Prior Art]

There is a problem such that communication quality  
5 is greatly deteriorated due to a multi-path interference  
in the case where communications are performed at a high  
bit rate in a cellular radio communication system which  
uses an angular modulation. A multi-path interference  
is generated due to the signal reflection at a reflection  
10 object when the transmitted signal paths through a  
plurality of propagation paths and arrives at a receiver.  
Under this phenomenon, the received signal is  
intensified or weakened depending on whether the  
relation among the phases of the respective received  
15 signals are in-phase or opposite-phase since the  
respective received signals pathing through different  
propagation paths arrive at a receiver at different  
times.

[0003]

20 Conventionally, several methods of decreasing a  
multi-path interference have been developed. One of them  
is to use an automatically adaptable equalizer. An  
automatically adaptable equalizer configures a filter  
having a transmission property of inverting the impulse  
25 response of a transmission path, and it reproduces the



original signal wave form from the signal wave form distorted by the propagation paths. This filter can be realized by a transversal filter configured, for example, by a tapped delay line and a weight device for adjusting a tap gain to be given to the output or input of each tap, and the like. This filter, however, requires an advanced digital processing technology and a large-sized circuit, so that this filter cannot be installed on a smaller and lighter terminal with lower electric power consumption such as a mobile terminal, portable terminal, and the like.

[0004]

Another method of decreasing multi-path interference is to use a spread spectrum technology. In a spread spectrum communication method, modulation is performed by a transmitter at two steps. At the first modulation, a modulation signal is prepared to be used at normal narrow band transmission, while at the second modulation, a code series called pseudo random noise is multiplied with the first modulation signal, thereby expanding a band. At the receiver, an interference component is removed by multiplying a code series identical to the pseudo random noise series used at the second modulation, thereby extracting signals prior to the second modulation. This method, however, expands

the transmission band, thereby decreasing the use efficiency of a frequency, which is a problem.

[0005]

5 In order to decrease multi-path interference without using such an automatically adaptable equalizer and a spread spectrum technology, the radio communication system is proposed. In this system, the antennas of a base station and a terminal are configured by a plurality of directional antennas, and a function  
10 of selecting an optimum propagation path corresponding to a set of optimum antennas used for the best communication quality is provided. In this system, a known signal series is allocated to a part of transmission signals from the base station. The  
15 selection of the optimum combination of antennas is performed by the following procedures.

[0006]

After transmitting a known signal series from a base station using an antenna among directional antennas  
20 and synchronizing the signals at the terminal, the quality of the known signal series received by an antenna from among the plurality of directional antennas is measured, thereby registering the ranking of the propagation paths which are the combinations of two  
25 antennas. Next, while the antenna for receiving the

known signal series of a terminal is fixed, an antenna of the base station is switched to another antenna and the ranking of the propagation path is registered. After ranking the propagation paths among all the directional  
5 antennas of the base station and one antenna of the terminal, the same operation is performed by switching one antenna of the terminal to another antenna of the terminal.

[0007]

10 In this way, the ranking of propagation paths is determined for the combinations of an antenna of the base station and all the antennas of terminals, and a combination of antennas corresponding to the highest-ranking propagation path is selected as an  
15 antenna for data communications. When the highest-ranking propagation path is determined at the terminal, the selected directional antenna is notified to the base station, and based on this notification, the base station transmits/receives data to/from the  
20 terminal using the selected antenna. According to this method, the influence of a multi-path can be decreased without decreasing the frequency use efficiency during communications, only by using a plurality of directional antennas and adding a relatively simple circuit to a  
25 radio transmission/reception unit.

[0008]

In such a radio communication system, a method of measuring the quality of all the propagation paths several times has been proposed as a method of ranking  
5 propagation paths. If a propagation path is selected using the results obtained by several-time-measurement, the selection of an optimum propagation path does not come under the influence even if a propagation environment is temporarily changed by a person's pathing  
10 across the propagation path.

[0009]

In the conventional method of selecting an optimum propagation path, a plurality of directional antennas provided in a base station and a terminal are switched  
15 periodically, the quality of all the propagation paths is measured for the combinations of all the antennas of the base station and terminal. Therefore, the number of measurement times and the time required for the measurement increases as the number of directional  
20 antennas to be used increases. That is, when the number of directional antennas of the base station is "a" while that of the directional antennas of the terminal is "b", the number of propagation paths is "a x b". In the conventional method, the measurement should be  
25 performed "a x b" times. Therefore, as the number of

antennas increases, it takes a longer time to measure the quality of all the propagation paths. In addition, since the time when the propagation paths are measured differs, the quality of propagation paths changes, and consequently an optimum propagation path cannot be always selected. Further, when the quality of each propagation path is measured several times to enhance the reliability of the selection of a propagation path for the change of a propagation environment such as a person's or a moving object's pathing across the propagation path, there arises a problem that still longer time is required.

[0010]

[Problems to be solved by the Invention]

In a method of switching periodically a plurality of directional antennas provided in a base station and a terminal, measuring the quality of each of all the propagation paths for the combinations of all the antennas, and selecting an optimum propagation path based on the measurement, it takes a longer time to measure the quality of each of all the propagation paths as the number of directional antennas increases. In addition, since the quality changes because of the different measurement times of the quality of propagation paths, there arises a problem such that an

optimum propagation path cannot be always selected and it takes a longer time to measure the quality of each propagation path several times in order to enhance the reliability of the propagation path.

5 [0011]

The present invention aims at providing an optimum propagation path in a radio communication system for selecting an optimum propagation path between a terminal and a base station where at least one base station antenna is configured by a plurality of directional  
10 antennas.

[0012]

[Means for Solving the Problems]

In a radio communication system for  
15 communications among at least one base station having a plurality of base station directional antennas and a plurality of terminals each having at least one terminal directional antenna, when an optimum propagation path from among a plurality of propagation  
20 paths among the plurality of base station directional antennas and the terminals is selected,

(a) a known signal series each having a different frequency is simultaneously transmitted via the plurality of directional antennas to the terminals from  
25 the base station;



(b) the known signal series received at the terminals is frequency-analyzed and the quality of each of a plurality of the propagation paths is measured using respective frequency spectra;

5 (c) the plurality of propagation paths is ranked based on the measurement result; and

(d) the optimum propagation path is determined based on the ranking.

[0013]

10 According to this method, by simultaneously transmitting a known signal series having different frequencies from a plurality of base station directional antennas once, the quality of all the propagation paths can be measured and all the propagation paths can be  
15 ranked based on the measurement. Accordingly, the time required for the selection of an optimum propagation can be significantly reduced.

[0014]

20 In a radio communication system for communications among at least one base station having a plurality of base station directional antennas and a plurality of terminals each having a plurality of terminal antennas, in order to select an optimum propagation path from among a plurality of propagation  
25 paths among the plurality of base station directional

antennas and a plurality of terminal directional antennas,

(a) a known signal series each having a different frequency is simultaneously transmitted to the terminal  
5 from the base station via the plurality of terminal directional antennas;

(b) the known signal series received at the terminals via the plurality of terminal directional antennas is frequency-analyzed, and the quality of a plurality of  
10 propagation paths is measured using the respective frequency spectra;

(c) a plurality of propagation paths are ranked based on the measurement result; and

(d) the optimum propagation path is determined based  
15 on the ranking.

[0015]

In a system where a base station has a plurality of directional antennas, and a terminal has a plurality of directional antennas, even when propagation paths  
20 are measured by switching a plurality of directional antennas one by one, the quality of all the propagation paths can be measured and all the propagation paths can be ranked based on the measurement result by simultaneously transmitting a known signal series from  
25 a plurality of base station directional antennas the

number of times equivalent to the number of the terminal station directional antennas, thereby greatly reducing the time required for the selection of an optimum propagation path.

5 [0016]

If the measuring of the quality of a plurality of propagation paths corresponding to the known signal series received by the respective terminal directional antennas, and the ranking of all the propagation paths based on the measurement are performed in parallel, basically the known signal series can be simultaneously transmitted once from the base station directional antenna, thereby further decreasing the time required for the selection of an optimum propagation path.

15 [0017]

A plurality of known signal series simultaneously transmitted from a plurality of base station directional antennas are preferably a plurality of continuous waves each having a different frequency, that is, sine-wave-shaped signals which do not include many harmonic components. It is also preferable that the distance among frequencies of a plurality of continuous waves is larger than the inverse number of a transmission duration time of a known signal series, and the distance is set significantly smaller than the inverse number

of a transmission delay time difference of a plurality of propagation paths.

[0018]

By setting a distance of frequencies of a plurality of continuous waves each of which is a known signal series, the quality of a propagation path can be correctly measured without being affected by a propagation delay time difference generated by a distance difference among a plurality of propagation paths nor being affected by a difference of a distortion amount of the respective propagation paths generated by the difference of frequencies, thereby enhancing the reliability of the selection of an optimum propagation path.

[0019]

It is preferable to frequency-analyze a plurality of known signal series composed of continuous waves having difference frequencies using fast Fourier transformation available for high-speed processing. In this case, a window size of the fast Fourier transform is set to an inverse of a frequency interval of the plurality of continuous waves so that the orthogonality of each continuous wave transmitted from directional antennas of each base station is maintained, which enables us to measure the quality of propagation paths

more correctly.

[0020]

It is also preferable that the frequency of each of continuous waves which are a plurality of known signal series is identical to a carrier frequency to be used for communications or close to the carrier frequency. In this way, the quality of a propagation path can be measured in the communication frequency band of data, and by determining a propagation path based on this measurement, the communication quality can be effectively enhanced at actual data communications.

[0021]

The quality of each of a plurality of propagation paths is measured by measuring the electric power of each frequency spectrum of a known signal series received at a terminal or measuring the distortion of each frequency spectrum. According to a method of measuring the electric power of a frequency spectrum, the quality of a propagation path can be easily measured using a simple circuit configuration. According to a method of measuring distortion, the quality of a propagation path can be precisely measured.

[0022]

In the present invention, an optimum propagation path can be determined after a known signal series is

transmitted from a base station to a terminal, and the quality measurement and the ranking of a plurality of propagation paths are repeated several times. In this way, the influence of quality measurement of a propagation path caused by the change of environments can be decreased, thereby enhancing the reliability of the selection of an optimum propagation path. In this case, a known signal series can be transmitted the number of times identical to the quality measurement of a propagation path number of times, thereby significantly decreasing the time required for measurement compared with a conventional method of performing a measurement process more than once.

[0023]

#### 15 [Preferred Embodiments]

The following is the explanation of the preferred embodiments of the present invention by referring to the drawings.

(First embodiment)

20 Fig. 1 is a block diagram showing a radio communication system according to one embodiment of the present invention. This radio communication system is configured by at least one radio base station 1 (hereinafter, referred to as a base station) and a plurality of radio terminals 3 (hereinafter, referred

25

to as terminals). The base station 1 has a base station antenna 2 configured by a plurality of directional antennas 2-1, 2-2, 2-3, and 2-4 shown in Fig. 2 for respectively producing narrow directional beams B1, B2, B3, and B4. Hereinafter, the directional antennas 2-1, 2-2, 2-3, and 2-4 are referred to as base station directional antennas. The base station 1 is configured to simultaneously transmit a known signal series having different frequencies via the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3, and 2-4 as is described later.

[0024]

The base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 are arranged in such a way that their narrow directional beams B1, B2, B3 and B4 can cover all the directions spanning 360 degrees within a communication service area of the base station 1. Here, the number of narrow directional beams, that is, the number of the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3, and 2-4 is set to 4. However, this number is not limited to 4.

On the other hand, the terminal 3 has a non-directional terminal 4.

[0025]

The base station 1 is provided with a continuous wave generation unit 13 for generating a continuous wave being a known signal series and an optimum propagation

path selection unit 14 which are the configuration elements for selection of an optimum propagation path, in addition to the configuration elements for regular communications (transmission/receipt of data) with the terminal 3, such as a switch 10 for switching between transmission and receipt of data, a transmission circuit 11 and a receipt circuit 12.

[0026]

The continuous wave generation unit 13 is a circuit for generating continuous waves having different frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ , and  $f_4$  to be respectively supplied to the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4. Here, the continuous wave is a sine wave and it is usually referred to as an alternate signal in which energy is concentrated mainly on a basic wave component, and not many higher harmonic components are included. The optimum propagation path selection unit 14 selects an optimum propagation path, that is, an antenna which is used for the communications with the terminal 3 and is selected from among base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4, using path information transmitted from the terminal 3, which is described later.

[0027]

Fig. 2(a) is a configuration example of the



continuous wave generation unit 13 which is configured by a plurality of oscillators 41, 42 and 43 oscillated by frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  and  $f_4$ .

[0028]

5            Fig. 2(b) is another configuration example of the continuous wave generation unit 13. The unit is configured by a frequency synthesizer 50 for generating signals having frequency differences  $3\Delta f$ ,  $2\Delta f$ ,  $\Delta f$  and 0, four multipliers 51, 52, 53, and 54, an oscillator 55  
10        for generating a continuous wave having a frequency  $f_0$ , and four filters 56, 57, 58, and 59. The multipliers 51, 52, 53, and 54 respectively multiply signals having frequency differences  $3\Delta f$ ,  $2\Delta f$ ,  $\Delta f$  and 0 by a continuous wave having a frequency  $f_0$  generated by the oscillator  
15        55, thereby generating continuous waves having frequencies  $f_0 \pm 3\Delta f$ ,  $f_0 \pm 2\Delta f$ ,  $f_0 \pm \Delta f$ , and  $f_0$  are generated. The outputs of the multipliers 51, 52, 53 and 54 pass through filters 56, 57, 58 and 59, and the unnecessary components are removed to be supplied to  
20        the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3, and 2-4.

[0029]

          The outputs from the multipliers 51, 52, 53 and 54 generally include single frequency components  $\pm n\Delta f$  and  
25         $f_0$  inputted from the frequency synthesizer 50 and the

oscillator 55 besides  $f_0 \pm n\Delta f$  ( $n=0, \dots, 3$ ). The filters 56, 57, 58, and 59 remove the unnecessary frequency components, and extract the frequency components of  $f_0 \pm n\Delta f$ ,  $f_0 + n\Delta f$ , or  $f_0 - n\Delta f$  as continuous waves of frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$ , thereby transmitting the extracted frequency components to the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4.

[0030]

The radio terminal 3 is provided with a synchronous circuit 33, a frequency analysis unit 34, a spectrum measurement unit 35, a ranking unit 36, an optimum propagation path determination unit 37 and a path information generation unit 38 as configuration elements for the selection of an optimum propagation path, in addition to the configuration elements for regular communications (transmission/reception of data) between the radio terminal 3 and the base station 1, such as a switch 30 for switching between transmission and reception of data., a transmission circuit 31 and a reception circuit 32

[0031]

The synchronous circuit 33 synchronizes the timing of frequency analysis for a continuous wave which is a known signal series transmitted from the base station 1. The frequency analysis unit 34 is a circuit for

analyzing frequency spectra of continuous waves and outputs a frequency spectrum signal. This unit is configured by, for example, a fast Fourier transformation device. The spectrum measurement unit  
5 35 measures the received electric power of a frequency spectrum signal, etc. The quality of a propagation path can be measured based on this spectrum measurement. The ranking unit 36 ranks the measured spectrum signals. The optimum propagation path determination unit 37  
10 determines an optimum propagation path, that is, a propagation path corresponding to an optimum antenna used for communications with the terminal 3, from among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 based on the ranking of the ranking unit 36. The  
15 path information generation unit 38 generates information about the thus-determined optimum propagation path, in other words, information about an optimum antenna used for communications with the terminal 3 from among four base station directional  
20 antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 configuring the base station antenna 2, and transmits the information to the transmission circuit 31.

[0032]

Fig. 3 shows a configuration example of the  
25 frequency analysis unit 34, and this unit is provided

with a serial/parallel converter 71 for converting an input continuous wave into a discrete parallel signal, a fast Fourier transformation device 72 for inputting this parallel signal and converting this signal into a discrete frequency spectrum signal, and a parallel/serial converter 73 for converting the signal into a serial signal. If the spectrum measurement unit 35 provided at the succeeding stage of the frequency analysis unit 34 performs a parallel process, the parallel/serial converter 73 is not required, so that the frequency spectrum signal outputted from the fast Fourier transformation device 72 can be directly used as the output of the frequency analysis unit 34.

[0033]

Next, the outlined procedures of the selection of an optimum propagation path according to the present preferred embodiment are explained using the flowchart shown in Fig. 4. Fig. 4 shows an example of a case where a single non-directional antenna is used as the terminal antenna 4 as mentioned above, and the past measurement results are not used for the determination of an optimum propagation path.

[0034]

At the start time of a measurement field for measuring the quality of propagation paths among the

base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4,  
and the terminal antenna 4, continuous waves having  
different frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  and  $f_4$  are  
simultaneously transmitted from all the base station  
5 directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 (step S101).  
[0035]

The transmitted continuous waves having  
frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  and  $f_4$  arrive at the terminal  
antenna 4 via respective unique propagation paths. The  
10 continuous wave received at the terminal antenna 4 is  
inputted to the synchronous circuit 33 installed in the  
terminal 3 via the switch 30, and the wave is  
synchronized with the start time of a measurement field  
(step S102). That is, the synchronous circuit 33  
15 transmits the synchronous signal to the frequency  
analysis unit 34, the unit 34 then performs fast Fourier  
transformation for the continuous wave inputted via the  
switch 30, and transforms the signal of a continuous  
signal which is a signal on a time axis into a frequency  
20 spectrum signal (step S103). The frequency spectrum  
signal is inputted to the spectrum measurement unit 35,  
and the spectrum is measured (step S104). The spectrum  
measurement results are inputted to the ranking unit  
36, and the ranking unit 36 ranks the quality of each  
25 of propagation paths (reception quality viewed from the

terminal 3) among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4, and the terminal antenna 4 based on the spectrum measurement results. Next, the ranking unit 36 passes the ranking, that is, the ranking information about the measurement of the quality of each propagation path to the optimum propagation path determination unit 37 (step S105). The optimum propagation path determination unit 37 compares the inputted ranking information about the respective propagation paths, and determines the propagation path with the highest rank, that is, the highest quality propagation path as an optimum propagation path (step S106). The path information generation unit 38 generates path information about an optimum propagation path, and the terminal antenna 4 transmits the information to the base station 1 via the transmission/receipt circuit 31 and the switch 30.

[0036]

The base station 1 receives path information from the terminal 3 via one of the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 or an additionally prepared non-directional antenna (step S108), and selects an optimum propagation path based on the path information (step S109). That is, one of the four base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4, which

corresponds to the optimum propagation path is selected as an antenna to be used for the communications with the terminal 3.

[0037]

5           According to the present embodiment, a known signal series configured by continuous waves each having a different frequency is simultaneously transmitted from the base station 1 via a plurality of base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4. The known  
10   signal series received at the terminals 3 is frequency-analyzed and the frequency spectrum is measured, thereby measuring the quality of each of propagation paths. Further, the respective propagation paths are ranked, and the optimum propagation path is  
15   determined to be selected, thereby selecting an optimum propagation path by transmitting a known signal series from the base station 1 once.

[0038]

20           Several types of preferable conditions of the present embodiments are described. The following is the explanation of the relation between the duration time of a measurement field and a frequency distance among continuous waves transmitted from the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4, by referring  
25   to Figs. 5 and 6. As shown in Fig. 5, using a part of

a transmission time as a measurement field, the base station 1 transmits a continuous wave  $S_r$  which is a known signal series of the measurement field. The terminal 3 receives the continuous wave  $S_r$  and determines an optimum propagation path, thereby transmitting path information to the base station 1. The base station selects an optimum propagation path based on this information. The continuous wave  $S_r$  indicates the combination of continuous waves having frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  simultaneously transmitted from all the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 of the base station, during a duration time  $\tau$  of a measurement field.

[0039]

Fig. 6 shows a frequency spectrum where a horizontal axis indicates a frequency while a vertical axis indicates received electric power of the continuous wave  $S_r$  transmitted in the measurement field of Fig. 5. During the duration time of a measurement field, the base station 1 simultaneously transmits the continuous waves having different frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  from the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4. Here, as shown in Fig. 6, all the frequency distances of adjacent frequencies among frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  are set to  $\Delta f$ , and this frequency  $\Delta f$  is



set larger than the inverse number of the duration time  $\tau$  of a measurement field, that is,  $\Delta f > 1/\tau$ . Thus, a spectrum S1 of the continuous wave having a central frequency f1 is 0 on the frequencies f2, f3 and f4, a spectrum S2 of the continuous wave having a central frequency f2 is 0 on the frequencies f1, f3 and f4, a spectrum S3 of the continuous wave having a central frequency f3 is 0 on the frequencies f1, f2, and f4, and a spectrum S4 of the continuous wave having a central frequency f4 is 0 on the frequencies f1, f2 and f3.

[0040]

That is, all the electric spectrum power of a continuous wave received from the other base station directional antennas become 0 on the frequencies f1, f2, f3 and f4. Accordingly, the terminal 3 is not affected by any influence of the interference of continuous waves transmitted from the base station directional antennas, on the frequencies f1, f2, f3 and f4. Thus, the quality measurement can be performed by simultaneous transmission of a plurality of continuous waves having different frequencies.

[0041]

Fig. 7 shows the receipt signal waveform of the terminal 3 in the case where the respective continuous waves having frequencies f1, f2, f3 and f4 transmitted

from the base station 1 arrive at the terminal 3 at different times since there are differences in distance among propagation paths. The duration time of the measurement field of continuous waves CW1, CW2, CW3 and  
5 CW4 having frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  are all  $\tau$ . The differences in arrival time are generated by the distance differences among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 transmitting the continuous waves CW1, CW2, CW3 and CW4 and the terminal  
10 3.

[0042]

If  $\Delta f > 1/\tau$  is set as mentioned above, that is, the difference among frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  is larger than the inverse number of the duration time  $\tau$  of a  
15 measurement field, the measurement field cannot be affected by the arrival time difference of continuous waves CW1, CW2, CW3 and CW4 transmitted to the terminal 3 by including the operation time  $\tau f$  of frequency spectrum transformation performed in the frequency  
20 analysis unit 34 during the duration time of a measurement field for all the continuous waves CW1, CW2, CW3 and CW4. In order to enhance the use efficiency of frequencies, the duration time  $\tau$  of a measurement field can be set longer.

25 [0043]

Fig. 8 shows the relation between propagation delay generated between the base station 1 and the terminal 3, and the distortion on a frequency axis. In the case where a plurality of propagation paths exist between one base station directional antenna 2-i ( $i=1,2,3,4$ ) of the base station 1 and the terminal antenna 3, the difference among arrival times of continuous waves at the terminal 3, which are generated by the distance differences among propagation paths (difference of propagation delay time) is set  $\tau_m$ , there occurs a frequency selectivity phasing  $F$  such that the size and the phase of a spectrum varies on the frequency axis in  $1/\tau_m$  cycles.

[0044]

Under the frequency selectivity phasing  $F$ , the distortion amount varies depending on the frequency to be used for communications. Consequently, it is recognized by comparing the sizes of electric power spectra  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  and  $P_4$  of continuous waves having frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  and  $f_4$  received at the terminal 3 that the attenuation amounts of spectra differ depending on frequencies.

[0045]

In Fig. 8, in the case where the frequencies of continuous waves transmitted from the base station 1

are apart from each other, for example, like  $f_1$  and  $f_4$ , the attenuation amounts of spectra greatly differ. Therefore, it is recognized that the quality of a propagation path determined by the selection of one antenna from among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 of the base station 1 greatly varies depending on the frequency of a continuous wave transmitted from the base station 1.

[0046]

10           In the present embodiment, the frequency distance  $\Delta f$  among frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  of the respective continuous waves transmitted in the measurement field is set to a number much smaller than the inverse number  $1/\tau_m$  of the propagation delay time difference among the  
15           respective propagation paths. At the time of  $\Delta f \ll 1/\tau_m$ , the distortions received at the propagation paths are almost the same even in the case where any one of the continuous waves having frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  is transmitted.

20           [0047]

          Therefore, if the frequency distance  $\Delta f$  is set much smaller than the propagation delay time difference among all the multi-paths provided between the base station antenna 2 and the terminal 4, the quality of  
25           propagation paths can be correctly measured without

being affected by the propagation delay time difference, thereby correctly measuring the quality of a propagation path and also precisely determining the highest-quality optimum propagation path.

5 [0048]

The next is the explanation about the spectrum measurement unit 35. Fig. 9 shows the received electric power spectra P1, P2, P3 and P4 of continuous waves having frequencies f1, f2, f3 and f4 transmitted from  
10 the base station 1 and received at the terminal 3. The spectrum measurement unit 35 measures the quality of each propagation path by measuring the sizes of the received electric power spectra P1, P2, P3 and P4, that is, electric power E1, E2, E3 and E4, and it transmits  
15 the measurement results to the ranking unit 36.

[0049]

Fig. 10 shows the electric power spectra P1, P2, P3 and P4 of continuous waves having frequencies f1, f2, f3 and f4 which are transmitted from the base station  
20 1 and received at the terminal 3, on the coordinate axes represented by a frequency axis f, a real axis I and an imaginary axis Q. In this case, the spectrum measurement unit 35 measures the quality of each propagation path by measuring the distortion of a  
25 spectrum using the spectrum sizes E1, E2, E3 and E4 of

received electric power spectra  $P_1, P_2, P_3$  and  $P_4$  and  
phase declinations  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  and  $\theta_4$  of continuous  
waves regarding the phase at the time of transmission  
performed by the base station 1. Then, the unit transmits  
5 the measurement results to the ranking unit 35.  
[0050]

In this way, the spectrum measurement unit 35 can  
measure the size (electric power) of a spectrum or can  
measure the distortion of a spectrum by measuring the  
10 phase declination of a spectrum of a transmission signal  
regarding the phase in addition to the size of a spectrum.  
According to the former, the spectrum measurement unit  
35 can be configured by a simple circuit to measure the  
quality of the propagation path easily. According to  
15 the latter, the quality of the propagation path can be  
measured more precisely.  
[0051]

Next is the explanation about the relation between  
a carrier frequency used for data communications and  
20 the frequency of a continuous wave which is a known  
signal series used for optimum propagation path  
selection. Fig. 11 shows the relation among the carrier  
frequency and frequencies  $f_1, f_2, f_3$  and  $f_4$  of continuous  
waves. The electric power spectrum  $P_d$  of a data signal  
25 expands on a frequency axis  $f$  with a carrier frequency

fc at the center. The electric power spectra of continuous waves having frequencies f1, f2, f3 and f4 can be represented by P1, P2, P3 and P4. In the case where the distortion of a spectrum which is generated  
5 by a multi-path, that is, frequency selectivity phasing F exists, the distortion sizes of electric power spectra vary depending on a frequency. Further, there is a case where the size of frequency selectivity phasing F differs among a carrier frequency used for data  
10 communications and the other frequencies.

[0052]

Therefore, it is preferable for the determination of an optimum propagation path at the time of data transmission that the frequencies f1, f2, f3 and f4 of  
15 continuous waves used for the selection of an optimum propagation path are identical to a carrier frequency fc or close to the fc. In this way, the quality of each propagation path can be measured in an actual communication frequency band and an optimum propagation  
20 path can be determined based on the measurement, thereby acquiring high communication quality.

[0053]

Next is the explanation about the relation between a measurement field and a fast Fourier transformation  
25 window (FFT window) of the fast Fourier transformation

device 72. Fig. 12 shows the relation between a measurement field 11 and a fast Fourier transformation window 112. As mentioned above, the frequency distance  $\Delta f$  among continuous waves which are known signal series is set larger than the inverse number of a duration time  $\tau$  of a measurement field 111. Therefore, if the size of the fast Fourier transformation window 112 is set equal to the inverse number  $1/\Delta f$  of a frequency distance  $\Delta f$ , the size of the fast Fourier transformation window 112 is equal to or less than the measurement field duration time  $\tau$ . If the start time of fast Fourier transformation is properly adjusted, the influence of an arrival time difference (propagation delay time difference) among the continuous waves transmitted from the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 to the terminal 3 can be removed.

[0054]

If the size of a fast Fourier transformation window is  $1/\Delta f$ , the orthogonality of each fast-Fourier-transformed frequency spectrum of a continuous wave received by the terminal 3 can be maintained. Regarding the fast-Fourier-transformed frequency spectra S1, S2, S3 and S4, the orthogonality can be maintained on the frequencies f1, f2, f3 and f4. Accordingly, the respective continuous waves having the



frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  and  $f_4$  do not interfere with each other. Therefore, when the size of a fast Fourier transformation window is set equal to the inverse number of a frequency distance  $\Delta f$ , the quality of a propagation path can be correctly measured since there is no interference of continuous waves.

[0055]

The configurations of the base station 1 and the terminal 3 are not limited to Fig.1. The configuration elements provided in the terminal 3 and required up to the process of the determination of an optimum propagation path, for example, the functions of the spectrum measurement unit 35, the ranking unit 36, the optimum propagation path determination unit 37, and the path information generation unit 38 can be provided in the base station 1. That is, the halfway-process results up to the optimum propagation path determination are transmitted to the base station 1, and the final propagation path determination is performed in the base station 1. In this way, the load of the terminal 3 can be reduced, so that the terminal 3 can be smaller and lighter, and the price and the consumption power can be further reduced. This merit can be applied to the embodiments which are described later.

[0056]

(Second preferred embodiment) Fig. 13 is a block diagram showing an internal configuration of the terminal 3 according to the present embodiment. In Fig. 13, the configuration elements identical to those shown in Fig. 1 are attached by the same reference number. The different point, however, is that a storage unit 39 is added in this embodiment. The storage unit 39 stores the ranking information about the quality of each propagation path outputted from the ranking unit 36.

10 [0057]

The past ranking information stored in the storage unit 39 as well as the spectrum measurement results outputted from the spectrum measurement unit 35 are inputted to the ranking unit 36. The ranking unit 36 updates the ranking of propagation paths based on the new and the past spectrum measurement results of propagation paths. The thus-updated ranking information about propagation paths is stored again in the storage unit 39. Thus, the updated ranking information about propagation paths is input to the optimum propagation path determination unit 37, and the unit determines the highest-ranking propagation path as an optimum propagation path.

20 [0058]

25 The subsequent processes are the same as those

performed in the first embodiment. The path information generation unit 38 generates path information about the optimum propagation path determined by the optimum propagation path determination unit 37, and transmits  
5 this information to the base station 1 via the transmission/receipt circuit 31 and the switch 30.

[0059]

According to the present embodiment, since the terminal 3 can repeat a spectrum measurement process  
10 several times and can sequentially update the ranking of propagation paths, the quality of propagation paths can be correctly measured, thereby reliably determining an optimum propagation path.

[0060]

15 (Third preferred embodiment) Fig. 14 is a block diagram showing internal configurations of terminal antennas and the terminal 3 according to the present embodiment. In Fig. 14, the same numerals as those shown in Fig. 1 indicate the same configuration elements of  
20 the terminal 3. The difference is that a terminal antenna is configured by a plurality of directional antennas (hereinafter, referred to as terminal directional antenna) 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4, in the present embodiment. The switch 30a provided in the terminal 30  
25 switches between transmission and receipt of data, and

switches among the terminal directional antennas 4-1,4-2,4-3 and 4-4 at the time of data communications and quality measurement of propagation paths. Similar to the second embodiment, the storage unit 39 for storing ranking information transmitted from the ranking unit 36 is installed in the present embodiment.

[0061]

The operations of the present embodiment are as follows. When in the terminal 3, one of the terminal antennas 4-1,4-2,4-3 and 4-4 receives a measurement field, a continuous wave which is the known signal series of a measurement field is inputted to the synchronous circuit 33 via the switch 30a, the measurement field is synchronized in the synchronous circuit 33, and the switch 30a is switched so as to direct the continuous wave received at the terminal directional antenna 4-1 to be inputted to the frequency analysis unit 34.

[0062]

The frequency analysis unit 34 performs fast Fourier transformation for the inputted continuous wave, and transforms the signal on a time axis into a frequency spectrum signal. The frequency spectrum signal is inputted to the spectrum measurement unit 35, and the spectrum measurement is performed. The spectrum measurement results are inputted to the ranking unit

36, and the unit ranks the quality of propagation paths among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 and the terminal directional antenna 4-1, and outputs information about the ranking of propagation paths. The ranking information is stored in the storage unit 39.

[0063]

Next, the switch 30a is switched similarly to the continuous waves received by the other terminal directional antennas 4-2, 4-3 and 4-4, the processes of the transformation into a frequency spectrum signal by the frequency analysis unit 34, the spectrum measurement by the spectrum measurement unit 35, and the ranking using the ranking unit 36 are sequentially performed. The thus-obtained ranking information is stored in the storage unit 39.

[0064]

When the ranking information has been stored in the case of using all the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4, the optimum propagation path determination unit 37 determines a propagation path having the highest-ranking as an optimum propagation path using the ranking information stored in the storage unit 39. The path information about the optimum propagation path is generated in the path information

generation unit 38, and the information is transmitted from one of the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 or a plurality of antennas to the base station 1 via the transmission/receipt circuit 31 and the switch 30.

[0065]

According to the present embodiment, in the case where a terminal antenna is configured not by a non-directional antenna but by a plurality of terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4, an optimum propagation path can be determined to be selected.

[0066]

In the case where a propagation path is measured by simultaneously transmitting continuous waves having difference frequencies from a plurality of base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 while switching the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 one by one according to the present embodiment similarly to the above-mentioned embodiments, the quality of all the propagation paths can be measured to be ranked based on the measured quality by simultaneously transmitting continuous waves from a plurality of base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 the number of times (four times, in this example) equivalent to the number of the

terminal directional antennas. Consequently, the time required for the selection of an optimum propagation path can be greatly reduced.

[0067]

5           (Fourth preferred embodiment) Fig. 15 is a block diagram showing internal configurations of terminal antennas and the terminal 3 according to the present embodiment. In Fig. 15, the same numerals as those shown in Fig. 1 indicate the same configuration elements of  
10           the terminal 3. The difference between Fig. 1 and Fig. 15 is that a terminal antenna is configured by a plurality of terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 as shown in Fig. 14. The switch 30a provided in the terminal 3 switches between transmission and receipt  
15           of data, and also switches among the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 at the time of data communications.

[0068]

          In the present embodiment, the terminal  
20           directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 are provided with frequency analysis units 34-1, 34-2, 34-3 and 34-4 and spectrum measurement units 35-1, 35-2, 35-3 and 35-4, respectively.

[0069]

25           The operations of the present embodiment are as

follows. The terminal 3 receives a continuous wave which is a known signal series of a measurement field via the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4, and when the received continuous wave is inputted to the synchronous circuit 33 and the measurement field is synchronized in the synchronous circuit 33, the continuous waves received by the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 are inputted to the frequency analysis units 34-1, 34-2, 34-3 and 34-4, respectively. The frequency analysis units 34-1, 34-2, 34-3 and 34-4 perform fast Fourier transformation for the respectively inputted continuous waves and transforms the signals on a time axis into frequency spectrum signals. These transformed frequency spectrum signals are respectively inputted to the spectrum measurement units 35-1, 35-2, 35-3 and 35-4, thereby performing spectrum measurement. Then these measurement results are inputted to the ranking unit 36a.

[0070]

The ranking unit 36a ranks all the propagation paths (in this example,  $4 \times 4 = 16$  paths) corresponding to the combinations between the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 of the base station 1, and the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4



of the terminal 3, thereby outputting the ranking information. The ranking information outputted from the ranking unit 36a is inputted to the optimum propagation path determination unit 37, and the highest-ranking propagation path is selected as an optimum propagation path.

[0071]

The subsequent processes are the same as those performed in the first to the third embodiments. The path information generation unit 38 generates path information about an optimum propagation path determined by the optimum propagation path determination unit 37, and this information is transmitted to the base station 1 from one or a plurality of the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 via the transmission/receipt circuit 31 and the switch 30.

[0072]

According to the present embodiment, in a case where a terminal antenna is configured by a plurality of the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4, the quality measurement and ranking of propagation paths are simultaneously performed for all the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4, thereby greatly reducing the operation time required for the

determination and selection of an optimum path.

[0073]

(Fifth embodiment) The following is an explanation of the procedures taken when an optimum propagation path is determined and selected, by referring to the flowchart of Fig. 16. As shown in the third and fourth embodiments, a terminal antenna is configured by a plurality of terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 (4-m, m=1, 2, 3 and 4). The quality of each of the propagation paths among a plurality of a base station antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 of the base station 1 and a plurality of the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 of the terminal 3 is measured N times. In this configuration, the procedure for an optimum path selection is explained.

[0074]

First, the terminal 3 sets a value n of the counter for counting the number of measurement times of a propagation path to 1 (step S201). Next, the known signal series in a measurement field is received via the terminal directional antenna 4-1, and m is set to 1 for the measurement of the propagation path (step S202).

[0075]

At the start time of a measurement field,

continuous waves having frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  and  $f_4$  are simultaneously transmitted from all the base station antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 of the base station 1 (step S203).

5 [0076]

The thus-transmitted continuous waves having frequencies  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  and  $f_4$  arrive at the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 of the terminal 3 via unique propagation paths, and they are received.

10 The received continuous waves are synchronized with the start time of a measurement time (step S204). After the termination of a measurement field, the terminal 3 performs fast Fourier transformation for the continuous wave to be inputted to a frequency analysis unit, and

15 the signal on a time axis is transformed into a frequency spectrum signal (step S205). Further, a spectrum of the frequency spectrum signal is measured, that is, the quality of propagation paths among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 and the

20 terminal directional antenna 4-1 is measured (step S206).

[0077]

Next, based on the spectrum measurement results obtained in step S206, the quality of each of the

25 propagation paths (reception quality viewed from the

terminal 3) among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4, and the terminal directional antenna 4-1 is measured, and based on the past quality measurement of propagation paths performed  $n-1$  times, the propagation paths are ranked (step S207). Finally, the ranking information about the ranking of the respective propagation paths is stored (step S208).  
[0078]

Subsequently, each time the process in step S208 terminates,  $m$  is incremented by one (step S210), the procedures for steps S203 to S208 are repeated for the other terminal directional antennas 4-2, 4-3 and 4-4 of the terminal 3. When  $m$  becomes 4 in step S209, that is, when the ranking prepared using the first results of measuring the quality of the propagation paths among a base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 of the base station 1 and the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 of the terminal 3 terminates, the flow advances to step S211.

[0079]

Subsequently, each time the counter value  $n$  of the number of measurement times is incremented by one (step S212), the procedures for steps S202 to S209 are repeated. When  $n$  becomes  $N$  in step S211, that is, when the quality measurement and the ranking of the propagation paths

among the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 and the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4 are performed N times, the highest-ranking, that is, the highest-quality propagation path is determined as an optimum propagation path using the ranking information which is obtained by ranking the propagation paths N times and is stored in step S208 (step S213). Next, the path information about the optimum propagation path is generated to be transmitted to the base station 1 from one or a plurality of the terminal directional antennas 4-1, 4-2, 4-3 and 4-4.

[0080]

The base station 1 receives path information from the terminal 3 via one of the base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4 or an additionally prepared non-directional antenna (step S215). After this, the base station 1 selects an optimum propagation path based on the path information (step S216). That is, in step S216, one of the four base station directional antennas 2-1, 2-2, 2-3 and 2-4, which corresponds to the optimum propagation path is selected as an antenna for communications with the terminal 3.

[0081]

In the present embodiment, an optimum propagation

path is determined after a known signal series is transmitted from a base station to a terminal and the quality measurement as well as the ranking are performed for all the propagation paths several times. In this way, the influence of quality measurement of a propagation path, which is generated by the change of environments is decreased, thereby enhancing the reliability of the selection of an optimum propagation path. In this case, a known signal series can be transmitted the number of times equivalent to the number of quality measurement times, thereby significantly decreasing the time required for quality measurement compared with a conventional method of performing a measurement process more than once.

[0082]

[Effects of the Invention]

As mentioned above, in a radio communication system used for communications among a base station having a plurality of base station directional antennas and a plurality of radio terminals, or among one base station having a plurality of base station directional antennas and a plurality of radio terminals each having a plurality of directional antennas, a known signal series each having a different frequency is simultaneously transmitted via the plurality of base

station directional antennas to the terminals, the known signal series received at the terminals are frequency-analyzed, the quality of each of the plurality of propagation paths between the base station and the terminal is measured using a frequency spectrum, and the respective propagation paths are ranked. Based on the ranking, an optimum propagation path is determined, so that an optimum propagation path can be precisely selected in a short time.

10 [0083]

If a terminal has a plurality of directional antennas, both the measurement of the quality of a plurality of propagation paths corresponding to the known signal series received by the respective terminal directional antennas, and the ranking of all the propagation paths based on the measurement are performed in parallel, so that basically the known signal series can be simultaneously transmitted once, thereby decreasing the time required for the selection of an optimum propagation path from among a plurality of propagation paths.

20 [0084]

Further, a plurality of known signal series simultaneously transmitted from a plurality of base station directional antennas is set to a plurality of

25

continuous waves having different frequencies. The distance among the frequencies is set larger than the inverse number of a transmission duration time of the known signal series, while the distance is also set a value significantly smaller than the inverse number of a propagation delay time distance among a plurality of propagation paths. Thus, the quality of a propagation path can be correctly measured without being affected by the propagation delay time difference generated by a distance difference of a plurality of propagation paths nor being affected by a difference in distortion amount of the respective propagation paths generated by the difference in frequency, thereby enhancing the reliability of the selection of an optimum propagation path.

[0085]

The frequency-analysis of a plurality of known signal series configured by continuous waves having different frequencies is performed by fast Fourier transformation used for fast processing. At that time, the size of a fast Fourier transformation window is set to the inverse number of a frequency distance among the respective continuous waves, so that the orthogonality of the fast-Fourier-transformed continuous waves transmitted from the respective base station antennas



can be maintained, thereby precisely measuring the quality of the propagation paths.

[0086]

Meanwhile, by setting the frequency of each of  
5 continuous waves which are a plurality of known signal series identical to a carrier frequency used for communications or close to the carrier frequency, the quality of a propagation path can be measured in the data communication frequency band, thereby effectively  
10 enhancing the communication quality at actual data communications by determining a propagation path based on the measurement results.

[0087]

If an optimum propagation path is determined after  
15 performing several times the processes of the transmission of a known signal series from the base station to the terminal, the quality measurement and the ranking of a plurality of propagation paths, the influence of the change of propagation environments  
20 caused by a person's movement, etc. on the quality measurement of propagation paths is reduced, thereby enhancing the reliability of the selection of an optimum propagation path. Further, the time required for the measurement is greatly reduced compared with a  
25 conventional method of measuring a propagation path a

plurality of times, since a known signal series can be transmitted the number of times equivalent to the number of quality measurement times of propagation paths.

[Brief Description of the Drawings]

5 [Fig. 1] is a block diagram showing a radio communication system according to an embodiment of the present invention;

[Fig. 2] is a diagram showing a configuration example of a base station antenna and a continuous wave  
10 generation unit according to the embodiment;

[Fig. 3] is a block diagram showing a configuration example of a frequency analysis unit according to the embodiment;

[Fig. 4] is a flowchart showing procedures of optimum  
15 propagation path selection according to the embodiment;

[Fig. 5] is a diagram showing a continuous wave which is a known signal series of a measurement field according to the embodiment;

[Fig. 6] is a chart showing a frequency spectrum of a  
20 continuous wave which is a known signal series received at a terminal according to the embodiment;

[Fig. 7] is a chart showing a received signal waveform of a continuous wave which is a known signal series received at a terminal according to the embodiment;

25 [Fig. 8] is a chart showing a relation between distortion

on a frequency axis and a frequency of a continuous wave which is a known signal series;

[Fig. 9] is a chart showing a received electric power spectrum of a continuous wave which is a known signal series received at a terminal according to the embodiment;

[Fig. 10] is a chart showing a received electric power spectrum of a continuous wave which is a known signal series received at a terminal according to the embodiment;

[Fig. 11] is a chart showing a relation between a frequency band of data and a frequency of a continuous wave which is a known signal series;

[Fig. 12] is a chart showing relation between a fast Fourier transformation window and a frequency distance of a continuous wave which is a known signal series;

[Fig. 13] is a block diagram showing the configuration of a terminal according to the other embodiment of the present invention;

[Fig. 14] is a block diagram showing the configuration of a terminal according to another embodiment of the present invention;

[Fig. 15] is a block diagram showing the configuration of a terminal according to further another embodiment of the present invention; and

[Fig. 16] is a flowchart showing the procedures of an optimum propagation path selection according to the embodiment.

[Explanation of the Codes]

- |    |                 |   |
|----|-----------------|---|
| 5  | 1               | Radio base station                          |
|    | 2               | Base station antenna                        |
|    | 2-1 to 2-4      | Base station directional antenna            |
|    | 3               | Radio terminal                              |
|    | 4               | Terminal antenna                            |
| 10 | 4-1 to 4-4      | Terminal directional antenna                |
|    | 10              | Switch                                      |
|    | 11              | Base station transmission circuit           |
|    | 12              | Base station reception circuit              |
|    | 13              | Continuous wave generation unit             |
| 15 | 14              | Optimum propagation path selection unit     |
|    | 30,30a          | Switch                                      |
|    | 31              | Terminal transmission circuit               |
|    | 32              | Terminal reception circuit                  |
|    | 33              | Synchronous circuit                         |
| 20 | 34,34-1 to 34-4 | Frequency analysis unit                     |
|    | 35,35-1 to 35-4 | Spectrum measurement unit                   |
|    | 36,36a          | Ranking unit                                |
|    | 37              | Optimum propagation path determination unit |
|    | 38              | Path information generation unit            |
| 25 | 39              | Storage unit                                |

	41 to 42	Oscillator
	50	Frequency synthesizer
	51 to 54	Multiplier
	55	Oscillator
5	56 to 58	Filter
	71	Series/parallel converter
	72	Fast Fourier transformation device
	73	Parallel/serial converter
	111	Measurement field
10	112	Fast Fourier transformation window

[Fig. 1]

	A	Transmission data
	B	Receipt data
	11	Transmission circuit
5	12	Receipt circuit
	13	Continuous wave generation unit
	14	Optimum propagation path selection unit
	31	Transmission circuit
	32	Receipt circuit
10	33	Synchronous circuit
	34	Frequency analysis unit
	35	Spectrum measurement unit
	36	Ranking unit
	37	Optimum propagation path determination unit
15	38	Path information generation unit

[Fig. 2]

	A	Frequency synthesizer
	B	Filter
20		

[Fig. 3]

	A	Synchronous signal
--	---	--------------------

[Fig. 4]

25	A	Base station
----	---	--------------

B      Terminal

S101   Transmitting continuous wave from all directional  
antennas

S102   Synchronizing continuous wave

5      S103   Analyzing frequency

S104   Measuring spectrum

S105   Ranking paths

S106   Determining optimum propagation path

S107   Transmitting path information

10     S108   Receiving path information

S109   Selecting optimum propagation path

[Fig. 5]

A      Measurement field

15     B      Data

[Fig. 7]

A      Data

20     [Fig.9]

A      Electric power

[Fig. 12]

A      Measurement field

25     B      Data

C      FFT window

[Fig. 13]

	A	Transmission data
5	B	Receipt data
	31	Transmission circuit
	32	Receipt circuit
	33	Synchronous circuit
	34	Frequency analysis unit
10	35	Spectrum measurement unit
	36	Ranking unit
	37	Optimum propagation path selection unit
	38	Path information generation unit
	39	Storage unit

15

[Fig. 14]

	A	Transmission data
	B	Receipt data
	31	Transmission circuit
20	32	Receipt circuit
	33	Synchronous circuit
	34	Frequency analysis unit
	35	Spectrum measurement unit
	36	Ranking unit
25	37	Optimum propagation path selection unit



- 38 Path information generation unit
- 39 Storage unit

[Fig. 15]

- 5 A Transmission data
- B Receipt data
- 31 Transmission circuit
- 32 Receipt circuit
- 33 Synchronous circuit
- 10 34-1 Frequency analysis unit
- 34-2
- 34-3
- 34-4
- 35-1 Spectrum measurement unit
- 15 35-2
- 35-3
- 35-4
- 36a Ranking unit
- 37 Optimum propagation path determination unit
- 20 38 Path information generation unit

[Fig. 16]

- A Base station
- B Terminal
- 25 S203 Transmitting continuous wave from all directional

## antennas

- S204 Synchronizing continuous wave
- S205 Analyzing frequency
- S206 Measuring spectrum
- 5 S207 Ranking paths
- S208 Storing ranking
- S213 Determining optimum propagation path
- S214 Transmitting path information
- S215 Receiving path information
- 10 S216 Selecting optimum propagation path

【0087】さらに、基地局から端末への既知信号系列の送信と複数の伝搬パスの品質測定およびランク付けを全ての伝搬パスに対して複数回ずつ繰り返した後に最適伝搬パスを決定するようにすれば、人間の移動などに起因する伝搬環境に変動による伝搬パスの品質測定の影響が軽減され、最適伝搬パスの選択の信頼性が向上すると共に、既知信号系列の送信は伝搬パスの品質測定の回数だけ行えばよく、従来の複数回の測定を行う方法と比較して測定に要する時間を大幅に短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る無線通信システムの構成を示すブロック図

【図2】同実施形態における基地局アンテナおよび連続波発生部の構成例を示す図

【図3】同実施形態における周波数分析部の構成例を示すブロック図

【図4】同実施形態における最適伝搬パス選択手順を示すフローチャート

【図5】同実施形態における測定フィールドの既知信号系列である連続波を示す図

【図6】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の周波数スペクトルを示す図

【図7】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の受信信号波形を示す図

【図8】同実施形態における周波数軸上の歪みと既知信号系列である連続波の周波数の関係を示す図

【図9】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の受信電力スペクトルを示す図

【図10】同実施形態における端末で受信される既知信号系列である連続波の受信電力スペクトルを示す図

【図11】同実施形態におけるデータの周波数帯と既知信号系列である連続波の周波数との関係を示す図

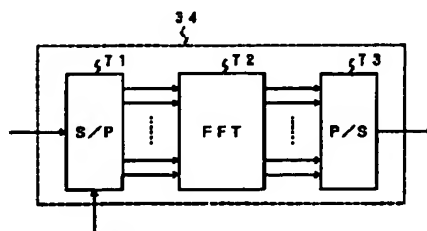
【図12】同実施形態における高速フーリエ変換窓と既知信号系列である連続波の周波数間隔との関係を示す図

【図13】本発明の他の実施形態における端末の構成を示すブロック図

【図14】本発明の別の実施形態における端末の構成を

Fig.3

【図3】



Synchronous signal

示すブロック図

【図15】本発明のさらに別の実施形態における端末の構成を示すブロック図

【図16】同実施形態における最適伝搬パス選択手順を示すフローチャート

【符号の説明】

1…無線基地局

2…基地局アンテナ

2-1～2-4…基地局用指向性アンテナ

3…無線端末

4…端末アンテナ

4-1～4-4…端末用指向性アンテナ

10…スイッチ

11…基地局送信回路

12…基地局受信回路

13…連続波発生部

14…最適伝搬パス選択部

30, 30a…スイッチ

31…端末送信回路

32…端末受信回路

33…同期回路

34, 34-1～34-4…周波数分析部

35, 35-1～35-4…スペクトル測定部

36, 36a…ランク付け部

37…最適伝搬パス決定部

38…パス情報発生部

39…記憶部

41～42…発振器

50…周波数シンセサイザ

51～54…乗算器

55…発振器

56～58…フィルタ

71…直列／並列変換器

72…高速フーリエ変換器

73…並列／直列変換器

111…測定フィールド

112…高速フーリエ変換窓

Fig.5

【図5】

Measurement field

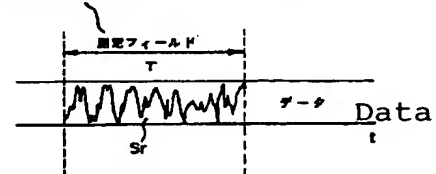


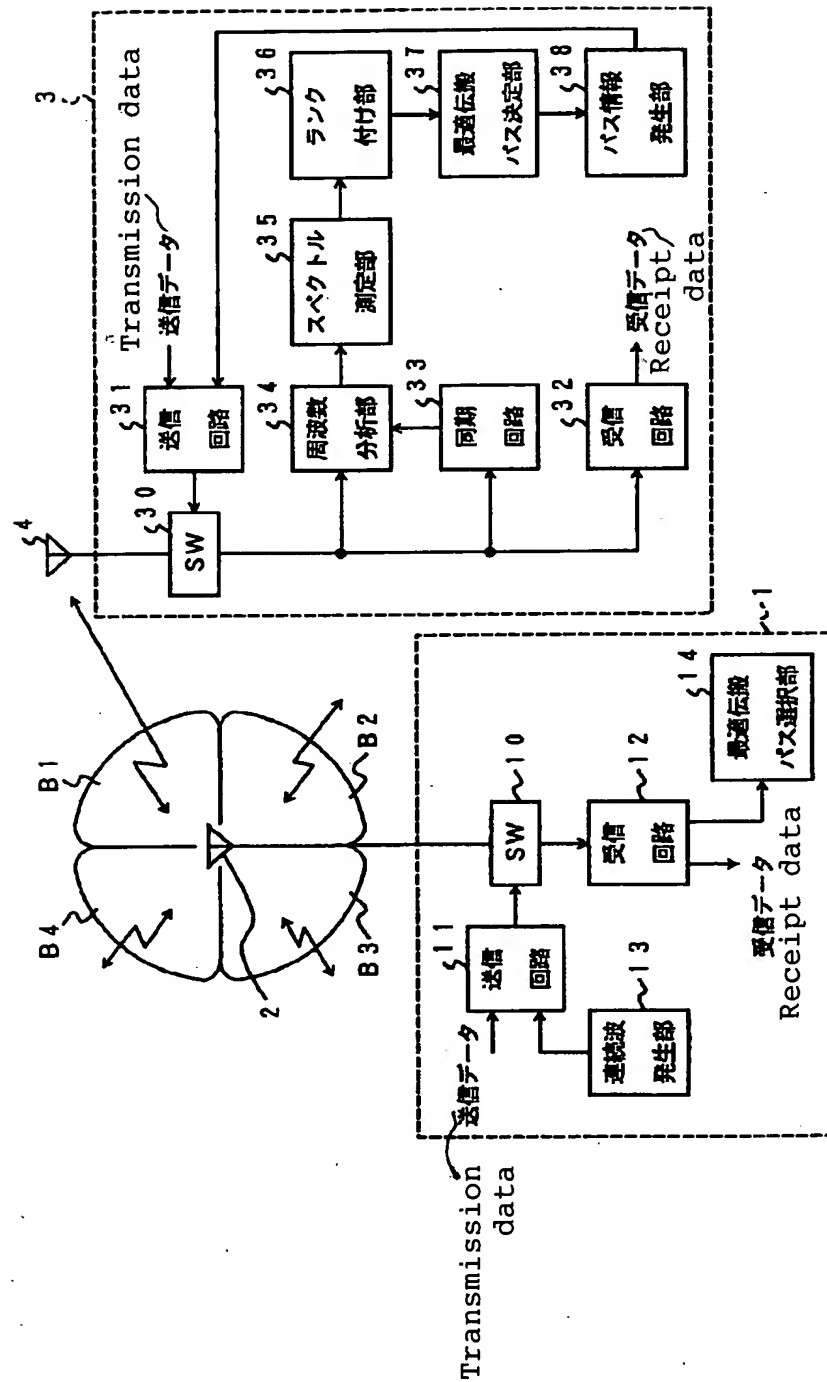
Fig. 1  
【図1】

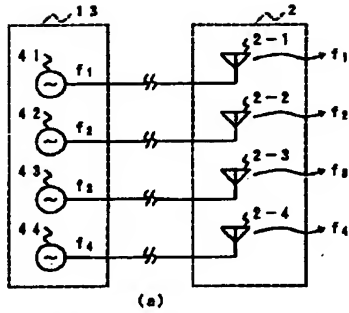
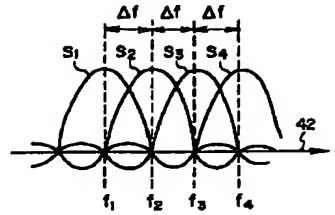
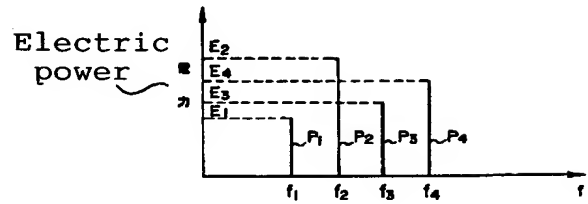
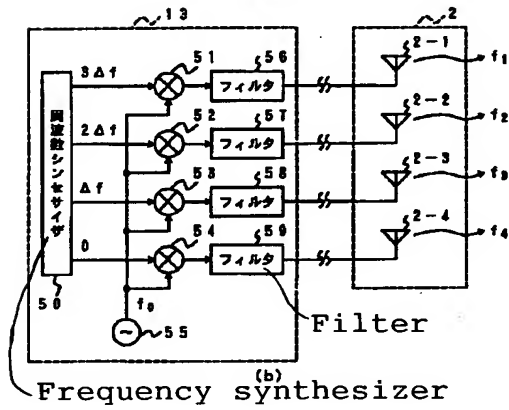
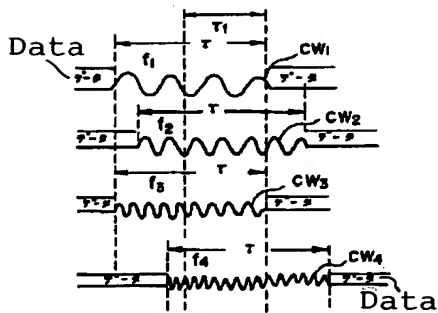
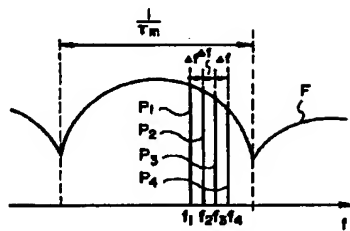
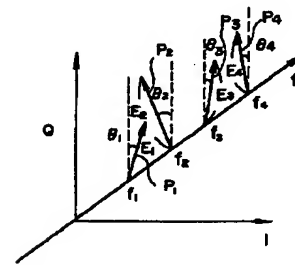
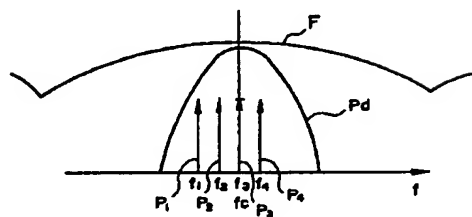
Fig. 2  
【図2】Fig. 6  
【図6】Fig. 9  
【図9】Fig. 10  
【図10】Fig. 7  
【図7】Fig. 8  
【図8】Fig. 11  
【図11】

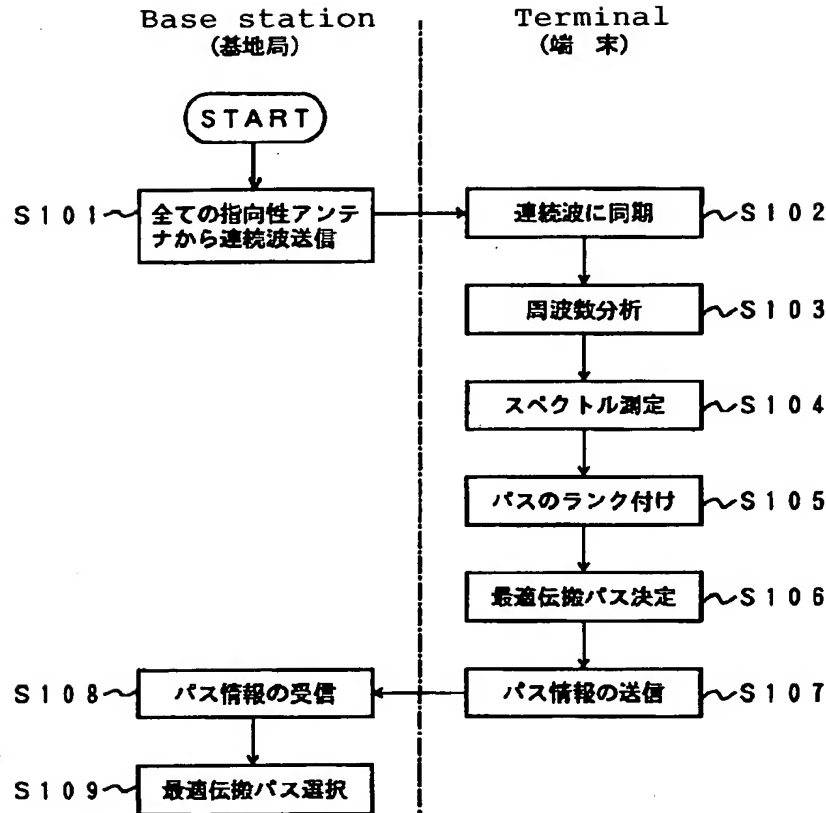
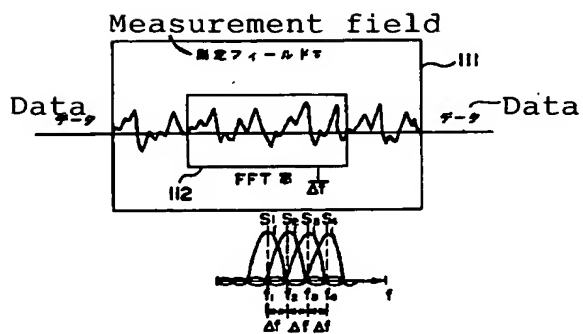
Fig. 4  
【図4】Fig. 12  
【図12】

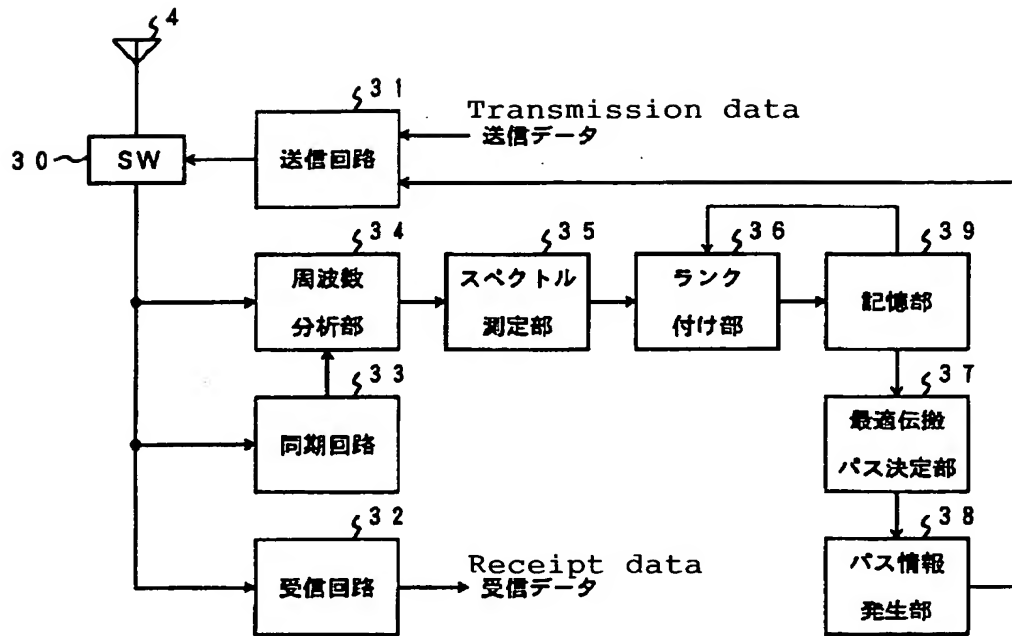
Fig. 13  
【図13】

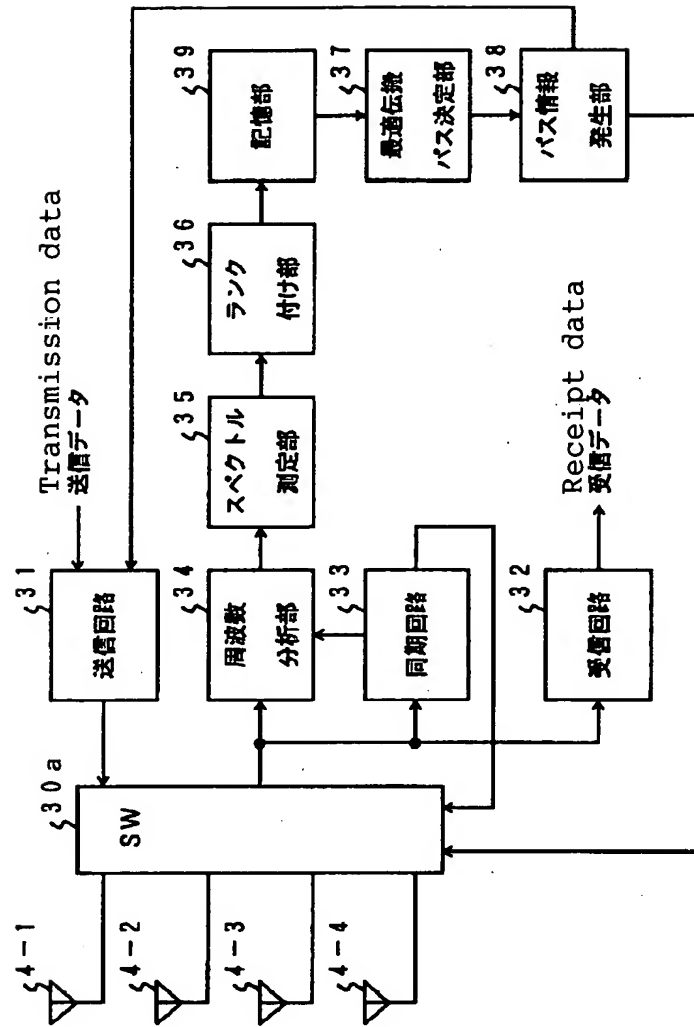
Fig. 14  
【図14】



Fig. 15  
【図15】

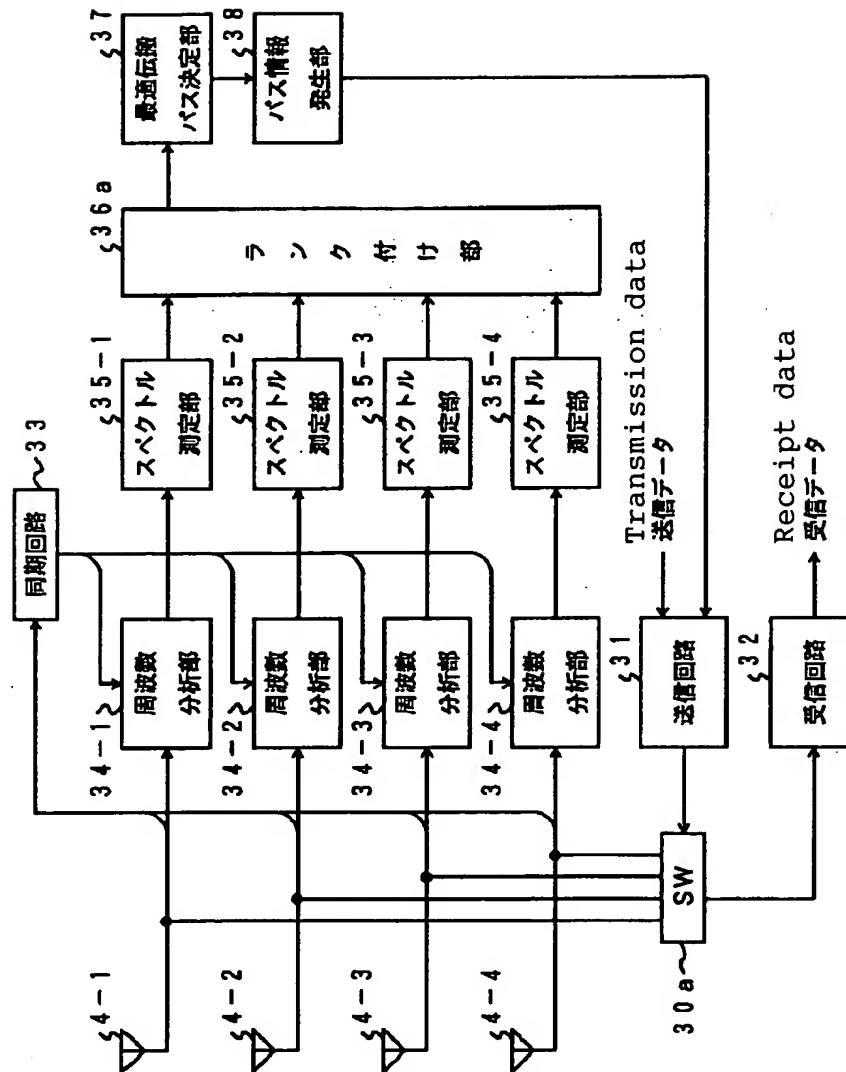


Fig. 16  
【図16】